

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 894 923**

51 Int. Cl.:

H04L 1/00 (2006.01)
H04W 16/10 (2009.01)
H04B 7/04 (2007.01)
H04B 7/06 (2006.01)
H04L 1/06 (2006.01)
H04L 1/18 (2006.01)
H04B 7/0452 (2007.01)
H04W 16/28 (2009.01)
H04W 72/04 (2009.01)
H04B 7/0456 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.05.2014** **E 20156320 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.09.2021** **EP 3672126**

54 Título: **Precodificación lineal en sistemas MIMO de dimensión completa**

30 Prioridad:

31.05.2013 WO PCT/CN2013/076567
14.06.2013 WO PCT/CN2013/077277

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
16.02.2022

73 Titular/es:

QUALCOMM INCORPORATED (100.0%)
5775 Morehouse Drive
San Diego, CA 92121-1714, US

72 Inventor/es:

ZHANG, YU;
WEI, CHAO;
CHENG, PENG;
WANG, NENG y
HOU, JILEI

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 894 923 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Precodificación lineal en sistemas MIMO de dimensión completa

5 Referencia cruzada a solicitudes relacionadas

Esta solicitud reivindica el beneficio de prioridad a PCT/CN2013/076567, presentada el 31 de mayo, de 2013 y PCT/CN2013/077277, presentada el 14 de junio, de 2013.

10 Antecedentes

Campo

15 La presente divulgación se refiere, en general, a la comunicación inalámbrica. Más particularmente, ciertos aspectos se relacionan con el procesamiento en sistemas FD-MIMO. Adicionalmente, los aspectos no reivindicados pertenecen a la sectorización vertical dinámica mediante un eNB.

Antecedentes

20 Los sistemas de comunicación inalámbrica están ampliamente implantados para proporcionar diversos servicios de telecomunicación, tales como telefonía, vídeo, datos, mensajería, y radiodifusión. Los sistemas de comunicación inalámbrica típicos pueden emplear tecnologías de acceso múltiple que pueden admitir comunicación con múltiples usuarios compartiendo recursos de sistema disponibles (por ejemplo, ancho de banda, potencia de transmisión). Los ejemplos de tales tecnologías de acceso múltiple incluyen sistemas de acceso múltiple por división de código (CDMA),
25 sistemas de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA), sistemas de acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA), sistemas de acceso múltiple por división ortogonal de frecuencia (OFDMA), sistemas de acceso múltiple por división de frecuencia de única portadora (SC-FDMA) y sistemas de acceso múltiple por división de código síncrono y división de tiempo (TD-SCDMA).

30 Estas tecnologías de acceso múltiple se han adoptado en diversas normas de telecomunicación para proporcionar un protocolo común que permite a diferentes dispositivos inalámbricos comunicarse a nivel municipal, nacional, regional, e incluso a nivel global. Un ejemplo de norma de telecomunicación emergente es la Evolución a Largo Plazo (LTE). LTE es un conjunto de mejoras de la norma móvil del Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles (UMTS), promulgada por el Proyecto de Colaboración de Tercera Generación (3GPP). Está diseñada para admitir mejor el
35 acceso a Internet de banda ancha móvil mejorando la eficacia espectral, reducir los costes, mejorar los servicios, hacer uso de un nuevo espectro e integrarse mejor con otras normas abiertas usando OFDMA en el enlace descendente (DL), SC-FDMA en el enlace ascendente (UL) y tecnología de antena de múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO). Sin embargo, puesto que la demanda de acceso de banda ancha móvil sigue aumentando, existe una necesidad de mejoras adicionales en la tecnología LTE. Preferentemente, estas mejoras deberían ser aplicables a otras tecnologías
40 de acceso múltiple y a las normas de telecomunicación que emplean estas tecnologías.

El documento EP2869478A1, que es pertinente para la cuestión de la novedad, de conformidad con el artículo 54(3) EPC, describe un método de notificación de información de estado de canal (CSI) sobre un terminal en el que se configura una pluralidad de procesos CSI en un sistema de comunicación inalámbrica.

45 El documento US2013/058424 A1 divulga el diseño y la estructura de un libro de códigos para la retroalimentación multigranular. En particular, dicho documento divulga la generación de una matriz de precodificación de puertos que comprime un mayor número de elementos de antena a un menor número de puertos de antena; recibiendo retroalimentación de un equipo de usuario, UE, con respecto a la información del estado del canal, CSI; mapeo de
50 múltiples capas de datos a puertos de antena específicos del UE; mapeo de cada uno de los puertos de antena específicos del UE a elementos físicos de antena; y la transmisión de datos al UE.

US2010/246712 A1 divulga el mapeo de elementos de recursos a los puertos de antena.

55 Sumario

Los aspectos de la presente divulgación proporcionan un método para la comunicación inalámbrica por una estación base de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 9.

60 Para el cumplimiento de los fines anteriores y relacionados, uno o más aspectos comprenden las características que a continuación se describen plenamente y que se señalan especialmente en las reivindicaciones. La siguiente descripción y los dibujos anexos exponen en detalle ciertas características ilustrativas de uno o más aspectos. Estas características son indicativas, sin embargo, de solo algunas de las diversas formas en que se pueden emplear los principios de diversos aspectos. El alcance de la invención está definido por las reivindicaciones adjuntas.

65

Breve descripción de los dibujos

La FIG. 1 es un diagrama que ilustra un ejemplo de una arquitectura de red.

La FIG. 2 es un diagrama que ilustra un ejemplo de una red de acceso.

La FIG. 3 es un diagrama que ilustra un ejemplo de una estructura de trama para su uso en una red de acceso.

5 La FIG. 4 muestra un formato ejemplar para el UL en LTE.

La FIG. 5 es un diagrama que ilustra un ejemplo de una arquitectura de protocolo de radio para el plano de usuario y el plano de control.

La FIG. 6 es un diagrama que ilustra un ejemplo de un nodo B evolucionado y de un equipo de usuario en una red de acceso.

10 La FIG. 7 ilustra un ejemplo de un sistema MIMO tradicional con un conjunto de antenas unidimensional.

La FIG. 8 ilustra un sistema FD-MIMO de ejemplo con un conjunto de antenas bidimensional, de acuerdo con aspectos de la presente divulgación.

La FIG. 9 ilustra componentes de ejemplo usados de acuerdo con métodos descritos en el presente documento.

15 La FIG. 10 ilustra componentes de ejemplo usados en un sistema de precodificación de dos fases, de acuerdo con los métodos descritos en el presente documento.

La FIG. 11 ilustra operaciones de ejemplo realizadas, por ejemplo, por un eNB, de acuerdo con aspectos de la presente divulgación.

La FIG. 12 ilustra operaciones de ejemplo realizadas, por ejemplo, por un UE, de acuerdo con aspectos no reivindicados de la presente divulgación.

20 La FIG. 13 ilustra un conjunto de elementos de antena de ejemplo, de acuerdo con aspectos de la presente divulgación.

Las FIGS. 14-20 ilustran particiones de subconjunto de ejemplo en donde un mayor número de elementos de antena se comprime en un menor número de puertos de antena.

La FIG. 21 ilustra un conjunto de 8x8 antenas de ejemplo en un eNB.

25 La FIG. 22 ilustra un área de red inalámbrica que tiene dos eNB que proporcionan cobertura de sectorización vertical convencional.

Las FIGS. 23 y 24 ilustran un área de cobertura inalámbrica atendida por un eNB.

La FIG. 25 ilustra operaciones de ejemplo realizadas, por ejemplo, por un eNB, de acuerdo con los aspectos no reivindicados de la presente divulgación.

30 La FIG. 26 ilustra un cronograma de transmisión para la sectorización vertical dinámica, de acuerdo con los aspectos no reivindicados de la presente divulgación.

La FIG. 27 ilustra un área de cobertura de un eNB configurado para la sectorización vertical dinámica, de acuerdo con los aspectos no reivindicados de la presente divulgación.

La FIG. 28 ilustra operaciones de ejemplo ejecutadas por un eNB para implementar un esquema de retroalimentación de elevación de bucle abierto de acuerdo con aspectos de la presente divulgación.

35 La FIG. 29 ilustra un eNB configurado para una retroalimentación de elevación de bucle abierto de acuerdo con aspectos de la divulgación como se describe, por ejemplo, en la FIG. 28.

La FIG. 30 ilustra operaciones de ejemplo ejecutadas por un eNB para implementar un esquema de retroalimentación de elevación de bucle cerrado de acuerdo con un aspecto de la presente divulgación.

40 Descripción detallada

La descripción detallada que se establece a continuación en relación con los dibujos adjuntos pretende ser una descripción de diversas configuraciones y no pretende representar las únicas configuraciones en las que se pueden practicar los conceptos descritos en el presente documento. La descripción detallada incluye detalles específicos con
45 el fin de proporcionar una comprensión profunda de diversos conceptos. Sin embargo, resultará evidente a los expertos en la materia que estos conceptos se pueden llevar a la práctica sin estos detalles específicos. En algunos casos, se muestran estructuras y componentes bien conocidos en forma de diagrama de bloques para evitar complicar tales conceptos.

50 A continuación, se presentarán varios aspectos de sistemas de telecomunicación con referencia a diversos aparatos y métodos. Estos aparatos y métodos se describirán en la siguiente descripción detallada y se ilustrarán en los dibujos adjuntos mediante diversos bloques, módulos, componentes, circuitos, etapas, procesos, algoritmos, etc. (denominados conjuntamente "elementos"). Estos elementos se pueden implementar usando hardware electrónico, software informático, o cualquier combinación de los mismos. Que tales elementos se implementen como hardware o
55 software depende de la aplicación particular y de las limitaciones de diseño impuestas al sistema global.

A modo de ejemplo, un elemento, o cualquier porción de un elemento, se puede implementar con un "sistema de procesamiento" que incluye uno o más procesadores. Ejemplos de procesadores incluyen microprocesadores, microcontroladores, procesadores de señal digital (DSP), matrices de puertas programables de campo (FPGA),
60 dispositivos lógicos programables (PLD), máquinas de estado, lógica de puertas, circuitos de hardware discretos, y otro hardware adecuado configurado para realizar las diversas funcionalidades descritas a lo largo de esta divulgación. Uno o más procesadores del sistema de procesamiento pueden ejecutar software. El software se interpretará en sentido amplio como instrucciones, conjuntos de instrucciones, código, segmentos de código, código de programa, programas, subprogramas, módulos de software, aplicaciones, aplicaciones de software, paquetes de software, rutinas, subrutinas, objetos, ejecutables, hilos de ejecución, procedimientos, funciones, etc., independientemente de
65

que se denominen software, firmware, middleware, microcódigo, lenguaje de descripción de hardware, o de otra manera.

En consecuencia, en uno o más aspectos, las funciones descritas pueden implementarse en hardware, software, firmware, o cualquier combinación de los mismos. Si se implementa en software, las funciones pueden almacenarse o codificarse como una o más instrucciones o código en un medio legible por ordenador. Los medios legibles por ordenador incluyen medios de almacenamiento de ordenador. Los medios de almacenamiento pueden ser cualquier medio disponible al que pueda acceder un ordenador. A modo de ejemplo, y no limitación, tales medios legibles por ordenador pueden comprender RAM, ROM, EEPROM, CD-ROM u otro almacenamiento en disco óptico, almacenamiento en disco magnético u otros dispositivos de almacenamiento magnético, o cualquier otro medio que se pueda utilizar para llevar o almacenar el código de programa deseado en forma de instrucciones o estructuras de datos y al que pueda acceder un ordenador. Los discos, como se usan en el presente documento, incluyen disco compacto (CD), disco láser, disco óptico, disco versátil digital (DVD), disquete y Blu-ray donde los discos suelen reproducir datos magnéticamente, mientras que otros discos reproducen los datos ópticamente con láseres. Las combinaciones de lo anterior también deben incluirse dentro del alcance de los medios legibles por ordenador.

La FIG. 1 es un diagrama que ilustra una arquitectura de red LTE 100. La arquitectura de red LTE 100 se puede denominar sistema de paquetes evolucionado (EPS) 100. El EPS 100 puede incluir uno o más equipos de usuario (UE) 102, una Red de Acceso Radioeléctrico Terrestre UMTS Evolucionada (E-UTRAN) 104, un Núcleo de Paquetes Evolucionado (EPC) 110, un Servidor de Abonados Locales (HSS) 120 y Servicios IP de Operador 122. El EPS se puede interconectar con otras redes de acceso, pero para simplificar, esas entidades/interfaces no se muestran. Como se muestra, el EPS proporciona servicios de conmutación de paquetes, sin embargo, como apreciarán fácilmente los expertos en la materia, los diversos conceptos presentados a lo largo de esta divulgación se pueden extender a redes que proporcionan servicios de conmutación de circuitos.

La E-UTRAN incluye el nodo B evolucionado (eNB) 106 y otros eNB 108. El eNB 106 proporciona terminaciones de protocolo en el plano de usuario y de control hacia el UE 102. El eNB 106 puede conectarse a los otros eNB 108 por medio de una interfaz X2 (por ejemplo, una red de retroceso). El eNB 106 también puede denominarse estación base, una estación de transceptor base, una estación base de radio, un transceptor de radio, una función de transceptor, un conjunto de servicios básicos (BSS), un conjunto de servicios extendidos (ESS), o alguna otra terminología adecuada. El eNB 106 proporciona un punto de acceso al EPC 110 para un UE 102. Los ejemplos de UE 102 incluyen un teléfono celular, un teléfono inteligente, un teléfono de protocolo de inicio de sesión (SIP), un ordenador portátil, un asistente digital personal (PDA), una radio por satélite, un sistema de posicionamiento global, un dispositivo multimedia, un dispositivo de vídeo, un reproductor de audio digital (por ejemplo, Reproductor de MP3), una cámara, una consola de juegos, o cualquier otro dispositivo de funcionamiento similar. El UE 102 también puede ser referido por los expertos en la materia como una estación móvil, una estación de abonado, una unidad móvil, una unidad de abonado, una unidad inalámbrica, una unidad remota, un dispositivo móvil, un dispositivo inalámbrico, un dispositivo de comunicaciones inalámbricas, un dispositivo remoto, una estación de abonado móvil, un terminal de acceso, un terminal móvil, un terminal inalámbrico, un terminal remoto, un teléfono, un agente de usuario, una cliente móvil, un cliente, o alguna otra terminología adecuada.

El eNB 106 está conectado por una interfaz S1 al EPC 110. El EPC 110 incluye una Entidad de Gestión de la Movilidad (MME) 112, otros MMO 114, una puerta de enlace de servicio 116, y una puerta de enlace 118 de red de datos de paquetes (PDN). El MME 112 es el nodo de control que procesa la señalización entre la UE 102 y la EPC 110. Generalmente, el MME 112 proporciona gestión de portadores y conexiones. Todos los paquetes IP de usuario se transfieren a través de Puerta de Enlace 116, que a su vez está conectada a la puerta de enlace PDN 118. La puerta de enlace PDN 118 proporciona asignación de direcciones IP de UE, así como otras funciones. La puerta de enlace PDN 118 está conectada a los servicios IP 122 del operador. Los Servicios IP 122 del Operador pueden incluir Internet, la Intranet, un subsistema multimedia IP (IMS), y un servicio de transmisión de PS (PSS).

La FIG. 2 es un diagrama que ilustra un ejemplo de una red de acceso 200 en una arquitectura de red LTE. En este ejemplo, la red de acceso 200 se divide en varias regiones celulares (células) 202. Uno o más eNB de clase de potencia inferior 208 pueden tener regiones celulares 210 que se superponen con una o más de las células 202. Un eNB 208 de clase de potencia inferior puede denominarse cabezal de radio remoto (RRH). La clase de potencia inferior eNB 208 puede ser una femtocélula (por ejemplo, eNB doméstico (HeNB)), picocélula, o microcélula. Cada macro-eNBs 204 se asigna a una célula 202 respectiva y están configurados para proporcionar un punto de acceso al EPC 110 para todos los UE 206 de las células 202. No hay ningún controlador centralizado en este ejemplo de una red de acceso 200, pero se puede utilizar un controlador centralizado en configuraciones alternativas. Los eNB 204 son responsables de todas las funciones relacionadas con la radio, incluido el control del portador de radio, control de admisión, control de movilidad, planificación, seguridad, y conectividad con la puerta de enlace de servicio 116.

El esquema de modulación y acceso múltiple empleado por la red de acceso 200 puede variar en función del estándar de telecomunicaciones particular que se esté implementando. En aplicaciones LTE, OFDM se utiliza en el DL y SC-FDMA se utiliza en el UL para admitir tanto el dúplex por división de frecuencia (FDD) como el dúplex por división de tiempo (TDD). Como los expertos en la materia apreciarán fácilmente a partir de la descripción detallada a seguir, los diversos conceptos presentados en el presente documento son muy adecuados para aplicaciones LTE. Sin embargo,

estos conceptos pueden ampliarse fácilmente a otras normas de telecomunicaciones que empleen otras técnicas de modulación y acceso múltiple. A modo de ejemplo, estos conceptos se pueden extender a Datos de Evolución Optimizados (EV-DO) o a la Banda Ancha Ultramóvil (UMB). EV-DO y UMB son normas de interfaz aérea promulgadas por el Proyecto de Colaboración de Tercera Generación 2 (3GPP2) como parte de la familia de normas CDMA2000 y emplean CDMA para proporcionar a estaciones móviles acceso a Internet de banda ancha. Estos conceptos también se pueden extender al Acceso Radioeléctrico Terrestre Universal (UTRA) que emplea CDMA de Banda Ancha (W-CDMA) y otras variantes de CDMA, tales como TD-SCDMA; al Sistema Global de Comunicaciones Móviles (GSM) que emplea TDMA; y a UTRA Evolucionado (E-UTRA), Banda Ancha Ultramóvil (UMB), IEEE 802.11 (Wifi), IEEE 802.16 (WiMAX), IEEE 802.20, y Flash-OFDM que emplea OFDMA. UTRA, E-UTRA, UMTS, LTE y GSM se describen en documentos de la organización 3GPP. CDMA2000 y UMB se describen en documentos de la organización 3GPP2. La norma de comunicación inalámbrica y la tecnología de acceso múltiple concretas empleadas dependerán de la aplicación específica y de las limitaciones de diseño globales impuestas al sistema.

Los eNB 204 pueden tener múltiples antenas que admiten la tecnología MIMO. El uso de la tecnología MIMO permite a los eNB 204 aprovechar el dominio espacial para admitir multiplexación espacial, conformación de haces, y diversidad de transmisión. La multiplexación espacial se puede usar para transmitir diferentes flujos de datos simultáneamente en la misma frecuencia. Los flujos de datos se pueden transmitir a un único UE 206 para incrementar la velocidad de transferencia de datos, o a múltiples UE 206 para incrementar la capacidad global del sistema. Esto se logra precodificando espacialmente cada flujo de datos (es decir, aplicando un escalamiento de una amplitud y una fase) y transmitiendo a continuación cada flujo precodificado espacialmente a través de múltiples antenas transmisoras en el DL. Los flujos de datos precodificados espacialmente llegan al/a los UE 206 con diferentes firmas espaciales, lo que posibilita que cada uno de los UE 206 recupere el uno o más flujos de datos destinados a ese UE 206. En el UL, cada UE 206 transmite un flujo de datos precodificado espacialmente, lo cual permite que el eNB 204 identifique el origen de cada flujo de datos precodificado espacialmente.

La multiplexación espacial se usa, en general, cuando las condiciones de canal son buenas. Cuando las condiciones de canal son menos favorables, se puede usar conformación de haz para enfocar la energía de transmisión en una o más direcciones. Esto se puede lograr precodificando espacialmente los datos para su transmisión a través de múltiples antenas. Para lograr una buena cobertura en los bordes de la célula, se puede usar una transmisión de conformación de haz de flujo único en combinación con diversidad de transmisión.

En la descripción detallada que sigue, diversos aspectos de una red de acceso se describirán con referencia a un sistema MIMO que admite OFDM en el DL. OFDM es una técnica de espectro ensanchado que modula datos a través de una pluralidad de subportadoras en un símbolo OFDM. Las subportadoras están separadas en frecuencias precisas. La separación proporciona "ortogonalidad", que posibilita que un receptor recupere los datos a partir de las subportadoras. En el dominio del tiempo, se puede añadir un intervalo de guarda (por ejemplo, un prefijo cíclico) a cada símbolo OFDM para hacer frente a las interferencias entre símbolos OFDM. El UL puede usar SC-FDMA en forma de señal OFDM ensanchada mediante DFT para compensar una elevada proporción entre potencia máxima y media (PAPR).

La FIG. 3 es un diagrama 300 que ilustra un ejemplo de una estructura de trama de DL en LTE. Una trama (10 ms) puede estar dividida en 10 subtramas de igual tamaño. Cada subtrama puede incluir dos ranuras de tiempo consecutivas. Se puede usar una cuadrícula de recursos para representar dos ranuras de tiempo, incluyendo cada ranura de tiempo un bloque de recursos. La cuadrícula de recursos está dividida en múltiples elementos de recurso. En LTE, un bloque de recursos contiene 12 subportadoras consecutivas en el dominio de frecuencia y, para un prefijo cíclico normal en cada símbolo OFDM, 7 símbolos OFDM consecutivos en el dominio del tiempo, u 84 elementos de recurso. Algunos de los elementos de recurso, indicados como R 302, 304, incluyen señales de referencia de DL (RS-DL). Las RS-DL incluyen RS específicas de célula (CRS) (en ocasiones denominadas también RS comunes) 302 y RS específicas de UE (RS-UE) 304. Las RS-UE 304 se transmiten solamente en los bloques de recursos, tras lo cual se mapea el canal físico compartido de DL (PDSCH) correspondiente. El número de bits llevados por cada elemento de recurso depende del sistema de modulación. Por lo tanto, cuantos más bloques de recursos reciba un UE y cuanto más sofisticado sea el esquema de modulación, mayor será la velocidad de transferencia de datos para el UE.

La FIG. 4 es un diagrama 400 que ilustra un ejemplo de una estructura de trama de UL en LTE. Los bloques de recursos disponibles para el UL se pueden dividir en una sección de datos y en una sección de control. La sección de control puede estar formada en los dos bordes del ancho de banda de sistema y puede tener un tamaño configurable. Los bloques de recursos de la sección de control se pueden asignar a los UE para la transmisión de información de control. La sección de datos puede incluir todos los bloques de recursos no incluidos en la sección de control. La estructura de trama de UL da como resultado que la sección de datos incluya subportadoras contiguas, lo cual puede permitir que un único UE tenga asignadas todas las subportadoras contiguas en la sección de datos.

Un UE puede tener asignados bloques de recursos 410a, 410b en la sección de control para transmitir información de control a un eNB. El UE también puede tener asignados bloques de recursos 420a, 420b en la sección de datos para transmitir datos al eNB. El UE puede transmitir información de control en un canal de control de UL físico (PUCCH) en los bloques de recursos asignados en la sección de control. El UE solo puede transmitir datos, o tanto datos como

información de control, en un canal físico compartido de UL (PUSCH) en los bloques de recursos asignados en la sección de datos. Una transmisión de UL puede abarcar ambas ranuras de una subtrama y puede saltar en frecuencia.

Un conjunto de bloques de recursos se puede usar para realizar un acceso inicial a sistema y lograr una sincronización de UL en un canal físico de acceso aleatorio (PRACH) 430. El PRACH 430 lleva una secuencia aleatoria y no puede llevar datos/señalización de UL de ningún tipo. Cada preámbulo de acceso aleatorio ocupa un ancho de banda correspondiente a seis bloques de recursos consecutivos. La red especifica la frecuencia de inicio. Es decir, la transmisión del preámbulo de acceso aleatorio está restringida a determinados recursos de tiempo y frecuencia. No hay ningún salto de frecuencia para el PRACH. El intento de PRACH se lleva en una única subtrama (1 ms) o en una secuencia de algunas subtramas contiguas, y un UE solo puede realizar un único intento de PRACH por trama (10 ms).

La FIG. 5 es un diagrama 500 que ilustra un ejemplo de una arquitectura de protocolo de radio para el plano de usuario y el plano de control en LTE. La arquitectura de protocolo de radio para el UE y el eNB se muestra con tres capas: Capa 1, Capa 2, y Capa 3. La Capa 1 (capa L1) es la capa más baja e implementa diversas funciones de procesamiento de señales de capa física. En el presente documento, la capa L1 se denominará capa física 506. La Capa 2 (capa L2) 508 está por encima de la capa física 506 y se encarga del enlace entre el UE y el eNB sobre la capa física 506.

En el plano de usuario, la capa L2 508 incluye una subcapa de control de acceso al medio (MAC) 510, una subcapa de control de radioenlace (RLC) 512 y una subcapa de protocolo de convergencia de datos por paquetes (PDCP) 514, que terminan en el eNB en el lado de red. Aunque no se muestra, el UE puede tener varias capas superiores encima de la capa L2 508, incluyendo una capa de red (por ejemplo, una capa IP) que se termina en la puerta de enlace PDN 118 en el lado de la red, y una capa de aplicación que termina en el otro extremo de la conexión (por ejemplo, un UE de extremo lejano, servidor, etc.).

La subcapa PDCP 514 proporciona multiplexación entre diferentes portadoras radioeléctricas y canales lógicos. La subcapa PDCP 514 proporciona, además, compresión de cabecera para paquetes de datos de capa superior para reducir la cantidad de información suplementaria de transmisiones de radio, seguridad mediante cifrado de paquetes de datos y capacidad de traspaso para los UE entre los eNB. La subcapa RLC 512 proporciona segmentación y reensamblaje de paquetes de datos de capa superior, retransmisión de paquetes de datos perdidos y reordenamiento de paquetes de datos para compensar una recepción desordenada debido a una solicitud híbrida de repetición automática (HARQ). La subcapa MAC 510 proporciona multiplexación entre canales lógicos y de transporte. La subcapa MAC 510 también se encarga de asignar los diversos recursos radioeléctricos (por ejemplo, bloques de recursos) de una célula entre los UE. La subcapa MAC 510 también se encarga de operaciones HARQ.

En el plano de control, la arquitectura de protocolo de radio para el UE y el eNB es sustancialmente la misma para la capa física 506 y la capa L2 508, con la excepción de que no hay ninguna función de compresión de cabecera para el plano de control. El plano de control incluye también una subcapa de control de recursos radioeléctricos (RRC) 516 en la Capa 3 (capa L3). La subcapa RRC 516 se encarga de obtener recursos radioeléctricos (es decir, portadoras radioeléctricas) y de configurar las capas inferiores usando señalización RRC entre el eNB y el UE.

La FIG. 6 es un diagrama de bloques de un eNB 610 en comunicación con un UE 650 en una red de acceso. En el DL, los paquetes de capa superior de la red central se proporcionan a un controlador/procesador 675. El controlador/procesador 675 implementa la funcionalidad de la capa L2. En el DL, el controlador/procesador 675 proporciona compresión de cabecera, cifrado, segmentación y reordenamiento de paquetes, multiplexación entre canales lógicos y de transporte, y asignaciones de recursos radioeléctricos al UE 650 en base a diversas métricas de prioridad. El controlador/procesador 675 también se encarga de operaciones HARQ, de la retransmisión de paquetes perdidos y de la señalización al UE 650.

El procesador de TX 616 implementa diversas funciones de procesamiento de señales para la capa L1 (es decir, la capa física). Las funciones de procesamiento de señales incluyen codificación e intercalación para facilitar la corrección de errores en recepción (FEC) en el UE 650, y correlación con constelaciones de señales en base a diversos esquemas de modulación (por ejemplo, modulación por desplazamiento de fase binaria (BPSK), modulación por desplazamiento de fase en cuadratura (QPSK), modulación por desplazamiento de fase M-aria (M-PSK), modulación de amplitud en cuadratura M-aria (M-QAM)). A continuación, los símbolos codificados y modulados se dividen en flujos paralelos. A continuación, cada flujo se correlaciona con una subportadora OFDM, se multiplexa con una señal de referencia (por ejemplo, una señal piloto) en el dominio de tiempo y/o de frecuencia y, a continuación, se combinan conjuntamente usando una transformada rápida de Fourier inversa (IFFT) para producir un canal físico que transporta un flujo de símbolos OFDM en el dominio de tiempo. El flujo OFDM se precodifica espacialmente para producir múltiples flujos espaciales. Las estimaciones de canal de un estimador de canal 674 se pueden usar para determinar el esquema de codificación y modulación, así como para el procesamiento espacial. La estimación de canal se puede derivar de una señal de referencia y/o de retroalimentación de condición de canal transmitida por el UE 650. A continuación, cada flujo espacial se proporciona a una antena 620 diferente por medio de un transmisor 618TX separado. Cada transmisor 618TX modula una portadora de RF con un respectivo flujo espacial para su transmisión.

En el UE 650, cada receptor 654RX recibe una señal a través de su antena 652 respectiva. Cada receptor 654RX recupera información modulada en una portadora de RF y proporciona la información al procesador de recepción (RX)

656. El procesador de RX 656 implementa diversas funciones de procesamiento de señales de la capa L1. El procesador de RX 656 realiza un procesamiento espacial de la información para recuperar cualquier flujo espacial destinado al UE 650. Si hay múltiples flujos espaciales destinados al UE 650, se pueden combinar por el procesador de RX 656 en un único flujo de símbolos OFDM. A continuación, el procesador de RX 656 convierte el flujo de símbolos OFDM del dominio de tiempo al dominio de frecuencia usando una transformada rápida de Fourier (FFT). La señal de dominio de frecuencia comprende un flujo de símbolos OFDM separado para cada subportadora de la señal de OFDM. Los símbolos de cada subportadora, y la señal de referencia, se recuperan y se desmodulan determinando los puntos de constelación de señales más probables transmitidos por el eNB 610. Estas decisiones flexibles se pueden basar en estimaciones de canal calculadas por el estimador de canal 658. A continuación, las decisiones flexibles se descodifican y desintercalan para recuperar los datos y señales de control que se transmitieron originalmente por el eNB 610 en el canal físico. A continuación, las señales de datos y de control se proporcionan al controlador/procesador 659.

El controlador/procesador 659 implementa la capa L2. El controlador/procesador puede estar asociado a una memoria 660 que almacena códigos y datos de programa. La memoria 660 se puede denominar medio legible por ordenador. En el UL, el controlador/procesador 659 proporciona desmultiplexación entre los canales de transporte y los lógicos, reensamblaje de paquetes, descifrado, descompresión de cabecera y procesamiento de señales de control para recuperar paquetes de capa superior a partir de la red central. A continuación, los paquetes de capa superior se proporcionan a un colector de datos 662, que representa todas las capas de protocolo por encima de la capa L2. También se pueden proporcionar diversas señales de control al colector de datos 662 para el procesamiento de L3. El controlador/procesador 659 también se encarga de la detección de errores usando un protocolo de acuse de recibo (ACK) y/o de acuse de recibo negativo (NACK) para admitir operaciones HARQ.

En el UL, una fuente de datos 667 se usa para proporcionar paquetes de capa superior al controlador/procesador 659. La fuente de datos 667 representa todas las capas de protocolo por encima de la capa L2. De manera similar a la funcionalidad descrita en relación con la transmisión en DL mediante el eNB 610, el controlador/procesador 659 implementa la capa L2 para el plano de usuario y el plano de control proporcionando compresión de cabecera, cifrado, segmentación y reordenamiento de paquetes, y multiplexación entre canales lógicos y de transporte basándose en asignaciones de recursos radioeléctricos por parte del eNB 610. El controlador/procesador 659 también se encarga de operaciones HARQ, de la retransmisión de paquetes perdidos y de la señalización al eNB 610.

Las estimaciones de canal obtenidas por un estimador de canal 658 a partir de una señal de referencia o retroalimentación transmitida por el eNB 610 se pueden usar por el procesador de TX 668 para seleccionar los esquemas apropiados de codificación y modulación, y para facilitar el procesamiento espacial. Los flujos espaciales generados por el procesador de TX 668 se proporcionan a diferentes antenas 652 por medio de transmisores 654TX separados. Cada transmisor 654TX modula una portadora de RF con un respectivo flujo espacial para su transmisión.

La transmisión en UL se procesa en el eNB 610 de manera similar a la descrita en relación con la función de receptor en el UE 650. Cada receptor 618RX recibe una señal a través de su respectiva antena 620. Cada receptor 618RX recupera información modulada en una portadora de RF y proporciona la información a un procesador de RX 670. El procesador de RX 670 puede implementar la capa L1.

El controlador/procesador 675 implementa la capa L2. El controlador/procesador 675 puede estar asociado a una memoria 676 que almacena códigos y datos de programa. La memoria 676 se puede denominar medio legible por ordenador. En el UL, el controlador/procesador 675 proporciona desmultiplexación entre los canales de transporte y los lógicos, reensamblaje de paquetes, descifrado, descompresión de cabecera y procesamiento de señales de control para recuperar paquetes de capa superior procedentes del UE 650. Los paquetes de capa superior del controlador/procesador 675 se pueden proporcionar a la red central. El controlador/procesador 675 también se encarga de la detección de errores usando un protocolo de ACK y/o NACK para admitir operaciones HARQ.

Los controladores/procesadores 675 y 659 pueden dirigir la operación en el eNB 610 y el UE 650, respectivamente. El controlador/procesador 675 y/u otros procesadores y módulos en el eNB 610 pueden realizar o dirigir la ejecución de diversos procesos para las técnicas descritas en el presente documento. El controlador/procesador 659 y/u otros procesadores y módulos del UE 650 pueden realizar o dirigir la ejecución de diversos procesos para las técnicas descritas en el presente documento. Por ejemplo, uno o más componentes del eNB 610 pueden realizar las operaciones ilustradas en las FIGS. 9-11, 25, 28 y 30 y/u otros procesos para las técnicas descritas e ilustradas en el presente documento. Además, uno o más componentes y módulos del UE 650 pueden realizar las operaciones ilustradas en la FIG. 12 y/u otros procesos para las técnicas descritas e ilustradas en el presente documento.

Las memorias 676 y 660 pueden almacenar datos y códigos de programa para el eNB 610 y el UE 650, respectivamente. Un planificador 677 puede planificar los UE para la transmisión de datos en el enlace descendente y/o en el enlace ascendente.

PRECODIFICACIÓN LINEAL EN FD-MIMO

La tecnología MIMO de dimensión completa (FD-MIMO) puede mejorar en gran medida la capacidad de sistema mediante el uso de un conjunto de antenas bidimensional con hasta 64 puertos de antena en un eNB (por ejemplo, eNB 106, 108 de la FIG. 1, que puede incluir uno más módulos de eNB 610 de la FIG. 6). Los beneficios de usar hasta 64 puertos de antena en el eNB pueden incluir pequeñas interferencias entre células y una alta ganancia de conformación de haz. El uso de un conjunto de antenas bidimensional permite una conformación de haz específica de UE tanto en acimut como en elevación.

En los sistemas FD-MIMO, el número de antenas de transmisión en el eNB puede aumentarse, por ejemplo, de 8 a 10 veces en comparación con los sistemas MIMO 8 TX heredados. Estas antenas de transmisión adicionales pueden generar mayores ganancias de conformación de haz y provocar menos interferencia en las células vecinas.

La FIG. 7 ilustra un ejemplo de una tecnología MIMO tradicional con un conjunto unidimensional de elementos de antena. Como se ilustra, la conformación de haz específica de UE puede realizarse solo en acimut. Se puede aplicar una inclinación de elevación común.

La FIG. 8 ilustra un sistema FD-MIMO de ejemplo con un conjunto de antenas bidimensional (d_H y d_V), de acuerdo con aspectos de la presente divulgación. Como se ilustra, la conformación de haz específica de UE se puede realizar tanto en acimut como en elevación.

En la precodificación lineal tradicional, el eNB necesita a información de estado de canal MIMO (CSI) acerca del canal completo. Por ejemplo, los métodos tradicionales de conformación de haz/precodificación de ejecución única dependen de la disponibilidad de la CSI de toda la dimensión de transmisión (por ejemplo, se necesita el conocimiento instantáneo/estadístico del canal desde cada antena de transmisión de eNB a una o más antenas de recepción de UE).

Tal CSI se obtiene por retroalimentación de PMI/RI de UE o aprovechando la reciprocidad de canal. En los sistemas TDD, la CSI se adquiere principalmente en el eNB aprovechando la reciprocidad de canal bidireccional. En los sistemas FDD, la CSI se mide y cuantifica normalmente en el UE y después se retroalimenta al eNB por medio de un canal de enlace ascendente dedicado. En general, el tamaño del libro de códigos usado para la cuantificación de CSI aumenta a medida que aumenta el número de antenas de transmisión en el eNB.

El informe PMI/RI de UE puede basarse en la estimación asistida por señal piloto del canal completo DL. La cantidad de información suplementaria de señales piloto (o de señales de referencia común) y la complejidad de la estimación de canal DL pueden ser proporcionales al número de antenas eNB. Por lo tanto, la complejidad de la selección PMI/RI puede aumentar a medida que aumenta el número de antenas de eNB.

El enfoque de reciprocidad de canal puede estar limitado por la capacidad de UE y el error de estimación de canal UL. Por ejemplo, para un UE de gama baja que no puede admitir la conmutación de antena de sondeo no está disponible la CSI a corto plazo acerca del canal completo. Además, la complejidad de la estimación de canal UL y la complejidad del cálculo de la información del conformador de haz/precodificador puede ser proporcional al número de antenas de eNB.

Como se describió anteriormente, en los sistemas FD-MIMO, la conformación de haz/precodificación de ejecución única es problemática debido al mayor número de antenas de transmisión. Por lo tanto, un desafío de admitir FD-MIMO es diseñar algoritmos eficientes de conformación de haz/precodificación y esquemas de adquisición de CSI asociados. En los sistemas FD-MIMO, cada antena está conectada a su propio transceptor de RF. Por lo tanto, proporcionar una CSI suficientemente precisa por medio de retroalimentación de UE puede dar lugar a una cantidad adicional de información suplementaria en el UE, por ejemplo, en lo que respecta a la estimación de canal y la selección de palabras de código.

En consecuencia, los aspectos descritos en el presente documento adoptan algoritmos de conformación de haz/precodificación más eficientes y esquemas de adquisición de CSI asociados en un esfuerzo por reducir la cantidad de información suplementaria generada por la retroalimentación de CSI en los sistemas FD-MIMO. Como se describe en el presente documento, se puede usar un sistema de precodificación de dos fases para reducir la cantidad de información suplementaria generada por la retroalimentación de CSI en los sistemas FD-MIMO. Se aprovecha la estructura de los conjuntos bidimensionales y la reciprocidad de canal.

De acuerdo con algunos aspectos, la estimación de canal de UL se usa para adquirir una matriz de precodificación de puerto a largo plazo. La matriz de precodificación de puerto comprime un mayor número de elementos de antena en un menor número de puertos de antena. Se pueden ver ejemplos de tal compresión en las FIGS. 14-20. El eNB utiliza la matriz de precodificación de puerto para transmitir señales de referencia de puerto específicas de UE.

El UE mide la CSI a corto plazo en un número menor de puertos de antena en lugar del mayor número de elementos de antena. El UE puede cuantificar la CSI a corto plazo y retroalimentarla al eNB. El eNB puede usar la CSI a corto plazo cuantificada para correlacionar múltiples capas de datos con puertos de antena específicos de UE (por ejemplo, usando un precodificador de capa). El eNB puede usar un precodificador de segunda fase (por ejemplo, precodificador

de puerto), que correlaciona cada puerto de antena con elementos de antena. Para admitir el esquema de precodificación de dos fases propuesto, determinada señalización relacionada se describe más detalladamente en el presente documento.

La FIG. 9 ilustra componentes 900 de ejemplo usados de acuerdo con métodos descritos en el presente documento. Los aspectos de la presente divulgación contienen un módulo de adquisición de CSI híbrido 902, que proporciona precodificadores para la precodificación de datos y señales piloto, un módulo de precodificación de datos 906, que precodifica flujos de datos para elementos de antena, y un módulo de precodificación de señales piloto 904, que precodifica secuencias de señales piloto para elementos de antena.

De acuerdo con los métodos de la presente divulgación, tanto los datos como las señales piloto se transmiten en un conjunto de puertos de antena. El número de puertos de antena es mucho menor que el número de elementos de antena. En consecuencia, la cantidad de información suplementaria y la complejidad computacional en el UE pueden reducirse significativamente.

El módulo de adquisición de CSI híbrido 902 puede generar dos precodificadores, un *precodificador de puerto* y un *precodificador de capa*. La FIG. 10 ilustra un ejemplo 1000 de un precodificador de capa 1002 y de un precodificador de puerto 1004. El precodificador de puerto se usa para correlacionar un pequeño número de puertos de antena con numerosos elementos de antena y puede obtenerse usando información de canal de UL (a largo plazo). El precodificador de capa se usa para correlacionar capas de datos con puertos de antena.

La precodificación de datos (precodificación de flujo de datos) de la FIG. 9 se realiza en dos fases consecutivas, como se detalla en la FIG. 10. La primera fase es una correlación de capa con puerto, donde los flujos de datos son precodificados primero por un precodificador de capa 1002. El precodificador de capa 1002 puede correlacionar, por ejemplo, L capas de datos con P puertos de antena.

La segunda fase es una correlación de puerto con elemento, donde los puertos de antena son precodificados por un precodificador de puerto 1004. El precodificador de puerto 1004 puede correlacionar, por ejemplo, P puertos de antena con M elementos de antena.

De acuerdo con algunos aspectos, las secuencias de señales piloto para estimar los canales en los P puertos de antena son precodificadas por el mismo precodificador de puerto que se usa para los flujos de datos, como se ilustra en la FIG. 10.

La FIG. 11 ilustra operaciones 1100 de ejemplo realizadas, por ejemplo, por un eNB de acuerdo con aspectos de la presente divulgación. El eNB 106 de la FIG. 1, que puede incluir uno o más módulos del eNB 610 de la FIG. 6, puede realizar las operaciones enumeradas.

En 1102, el eNB puede generar una matriz de precodificación de puerto que comprime un mayor número de elementos de antena en un menor número de puertos de antena. En 1104, el eNB puede transmitir señales de referencia de puerto específicas de UE a un equipo de usuario (UE) usando la matriz de precodificación de puerto. En 1106, el eNB puede recibir retroalimentación con respecto a la CSI medida por el UE en base a las señales de referencia de puerto específicas de UE. En 1108, el eNB puede correlacionar múltiples capas de datos con puertos de antena específicos de UE basándose en la retroalimentación con respecto a la CSI medida por el UE. De acuerdo con algunos aspectos, el eNB puede correlacionar secuencias de señales piloto con el puerto de antena específico de UE. En 1110, el eNB puede correlacionar cada uno de los puertos de antena específicos de UE con elementos de antena físicos. En 1112, el eNB puede transmitir datos al UE, basándose en la correlación de las múltiples capas de datos y la correlación de puertos de antena con elementos físicos de antena.

De acuerdo con algunos aspectos, y como se describe anteriormente, la matriz de precodificación de puerto se genera en base a la estimación de canal de UL. Los elementos físicos de antena de transmisión pueden estar dispuestos en un conjunto multidimensional. Como se describe en el presente documento, el eNB puede correlacionar secuencias de señales piloto adicionales con el puerto de antena específico de UE.

De acuerdo con algunos aspectos, la retroalimentación con respecto a la CSI puede comprender retroalimentación cuantificada que incluye al menos uno de entre un indicador de matriz preferida (PMI) y una indicación de rango (RI). La retroalimentación cuantificada se puede seleccionar de un libro de códigos predefinido.

El eNB también puede transmitir, al UE, información con respecto a una partición de subconjunto de los elementos de antena. Ejemplos de particiones de subconjunto se ilustran en las FIGS. 14-20. La información puede comprender al menos uno de entre un tipo de partición de subconjunto, una estructura de puertos de antena o un número de puertos de antena.

De acuerdo con algunos aspectos, los UE pueden dividirse en múltiples categorías de acuerdo con su capacidad de admitir múltiples tipos de particiones de subconjunto y los libros de códigos asociados. Determinados tipos de UE pueden admitir menos tipos de particiones de subconjunto que otros tipos de UE.

La FIG. 12 ilustra operaciones 1200 de ejemplo realizadas, por ejemplo, por un UE, de acuerdo con aspectos de la presente divulgación. El UE 106 de la FIG. 1, que puede incluir uno o más módulos del UE 650 de la FIG. 6, puede realizar las operaciones enumeradas.

En 1202, el UE puede recibir señales de referencia de puerto específicas de UE transmitidas por un eNB usando una matriz de precodificación de puerto a largo plazo que comprime un mayor número de elementos de antena en un menor número de puertos de antena. En 1204, el UE puede medir y cuantificar CSI a corto plazo basándose en las señales de referencia de puerto específicas de UE. En 1206, el UE puede transmitir al eNB retroalimentación con respecto a la CSI a corto plazo cuantificada.

De acuerdo con algunos aspectos, la retroalimentación puede comprender una retroalimentación cuantificada que comprende al menos uno de entre un PMI y una RI. La retroalimentación cuantificada se puede seleccionar de un libro de códigos predefinido. El UE puede seleccionar, basándose en la información, uno de una pluralidad de libros de códigos predefinidos, y puede usar el libro de códigos seleccionado para notificar la retroalimentación.

De acuerdo con algunos aspectos, el UE puede recibir información con respecto a una partición de subconjunto de los elementos de antena. La información puede comprender al menos uno de entre un tipo de partición de subconjunto, una estructura de puertos de antena y un número de puertos de antena. Ejemplos de particiones de subconjunto se ilustran, por ejemplo, en las FIGS. 14-20. El UE puede recibir la información con respecto a la partición de subconjunto, por ejemplo, de un eNB.

La FIG. 13 ilustra un conjunto de elementos de antena de ejemplo, de acuerdo con aspectos de la presente divulgación. La FIG. 13 ilustra 64 elementos de antena, M, y 8 puertos de antena, P. Los elementos de antena con polarización cruzada ilustrados están alineados en 8 filas por 8 columnas.

Las FIGS. 14-20 proporcionan particiones de subconjunto de ejemplo de elementos de antena, de acuerdo con aspectos de la presente divulgación. Un UE puede recibir información, desde un eNB, por ejemplo, con respecto a una partición de subconjunto de los elementos de antena. Los subconjuntos pueden comprimir un mayor número de elementos de antena en un menor número de puertos de antena.

Por lo tanto, los aspectos de la presente divulgación proporcionan técnicas para mejorar la capacidad de sistema de la tecnología FD-MIMO mediante el uso de un conjunto de antenas bidimensional con hasta 64 puertos de antena en el eNB. El uso de un conjunto de antenas bidimensional permite una conformación de haz específica de UE tanto en acimut como en elevación.

Para admitir el esquema de precodificación de dos fases descrito en el presente documento, los parámetros específicos de UE, incluido el tipo de partición de subconjunto y la configuración de recursos de CSI pueden configurarse de forma semidinámica. El tipo de partición de subconjunto puede incluir la estructura del puerto de antena y el número de puertos de antena usados por el eNB.

Basándose en la configuración anterior, el UE puede seleccionar uno de varios libros de códigos predefinidos y usar el libro de códigos seleccionado para notificar retroalimentación, por ejemplo, PMI/RI, para el precodificador de capa. Los UE pueden dividirse en múltiples categorías de acuerdo con su capacidad de admitir múltiples tipos de particiones de subconjunto y los libros de códigos asociados. De acuerdo con algunos aspectos, los UE de gama baja pueden admitir tipos limitados de particiones de subconjunto.

SECTORIZACIÓN VERTICAL DINÁMICA

Los párrafos siguientes hasta el párrafo inclusive revelan la materia objeto no reivindicada.

Para aumentar la capacidad del sistema, se ha considerado la tecnología (3D)-MIMO tridimensional, en la que un eNB usa un conjunto de antenas bidimensional (2D) con un gran número de antenas. Con este tipo de configuración, cabe esperar una pequeña interferencia intracelular con una alta ganancia de conformación de haz.

La conformación de haz se ha implementado típicamente usando solo direccionamiento horizontal. Sin embargo, con el aumento de las tecnologías de antenas inteligentes, la conformación de haz de elevación permite ahora el direccionamiento vertical en el proceso de conformación de haz. La conformación de haz de elevación admite actualmente hasta 8 puertos de antena.

La FIG. 21 ilustra un conjunto de 8x8 antenas 2100. El conjunto de antenas 2100 incluye 8 filas y 8 columnas de elementos de antena, cada uno separado de un elemento de antena adyacente en una distancia de $\lambda/2$, donde λ es la longitud de onda de la señal de los elementos de antena. El conjunto de antenas 2100 incluye elementos de acimut en la dirección 2102 y elementos de elevación en la dirección 2104 que se pueden usar tanto en conformación de haz horizontal como de elevación. En diversas implementaciones del conjunto de antenas 2100, cada elemento de antena puede incluir un transceptor individual y un amplificador de potencia.

La FIG. 22 ilustra un área de red inalámbrica 2200 que tiene un eNB-A 2202 y un eNB-B 2204 que proporcionan cobertura de sectorización vertical convencional. La conformación de haz de elevación emplea actualmente una sectorización vertical en la que los haces se forman en elevaciones fijas sobre el área de cobertura.

Por ejemplo, el eNB-A 2202 está configurado con el haz L 2214 y el haz H 2216 en una sectorización vertical del área de cobertura de eNB-A. De manera similar, el eNB-B 2204 está configurado con el haz L 2218 y el haz H 2220, en una sectorización vertical del área de cobertura de eNB-B.

Algunos de los problemas con tal sectorización vertical convencional, tal como la provisión de haces L 2214 y 2218 y haces H 2216 y 2220, son que el haz de elevación fijo causa pérdida del grado de libertad (DOF) en el dominio de elevación, y pérdida de flexibilidad.

Los haces H 2216 y 2220 están destinados a la cobertura de los UE en el borde de célula, tal como los UE 2208 y 2210, mientras que los haces L 2214 y 2128 están destinados a la cobertura de los UE en el interior de la célula, tal como los UE 2206 y 2212.

Sin embargo, si los UE en el borde de célula 2208 y 2210 no estuvieran presentes y UE adicionales estuvieran ubicados en el interior de la célula, la capacidad de célula puede verse limitada ya que el eNB-A 2202 y el eNB-B 2204 mantendrían innecesariamente los haces H 2216 y 2220, aunque no hubiera ningún UE dentro de los bordes de célula. En tales casos, los haces 2216 y 2220 se desperdiciarán. Además, sin flexibilidad en la elevación, la sectorización vertical convencional puede no ser factible para un escenario con UE ubicados en diferentes elevaciones.

La FIG. 23 ilustra un área de cobertura inalámbrica 2300 atendida por el eNB 2302. El eNB 2302 emplea sectorización vertical fija con haces 2306 y 2304. El haz 2304 proporciona cobertura de elevación de sector vertical 1 y el haz 2306 proporciona cobertura de elevación del sector vertical 2.

Como se ha indicado, con los sectores verticales fijos, los haces pueden desperdiciarse cuando pocos UE ocupan los sectores verticales definidos (por ejemplo, los sectores verticales 1 y 2). Por ejemplo, el sector vertical 1 incluye una pluralidad de UE 2308. Sin embargo, solo el UE 2310 está ubicado en el sector vertical 2. El eNB 2302 puede gastar recursos de sistema en el mantenimiento del haz 2306 para la cobertura de solo el UE 2310 dentro del sector vertical 2. Aunque muchos más UE 2308 estén ubicados dentro del sector vertical 1, el eNB no podrá expandir el haz 2304 para aumentar la capacidad del sector vertical 1.

La FIG. 24 ilustra un área de cobertura inalámbrica 2400 atendida por el eNB 2402. El eNB 2402 emplea sectorización vertical con haces 2404 y 2406. El haz 2406 proporciona cobertura de elevación de sector vertical 1 y el haz 2404 proporciona cobertura de elevación del sector vertical 2. Los sectores verticales fijos ilustrados también limitan la flexibilidad para cubrir UE que tienen diferencias de elevación.

Por ejemplo, edificios 2408 y 2410 están ubicados dentro del sector vertical 1, mientras que un edificio 2412 está ubicado dentro del sector vertical 2. Como se ilustra, cada uno de los edificios es de varios pisos. Por lo tanto, los UE ubicados dentro de estos edificios pueden tener diferencias de elevación. El haz 2404, que proporciona cobertura al sector vertical 2, puede no ser capaz de dar servicio a los UE a una elevación diferente en los edificios 2408 y 2410 dentro del sector vertical 1. En consecuencia, la sectorización vertical fija ilustrada probablemente limitaría la flexibilidad para cubrir los UE que tienen diferentes elevaciones.

Diversos aspectos de la presente divulgación están dirigidos a realizar la conformación de haz de elevación formando dinámicamente varios sectores verticales en base a la retroalimentación de UE en el dominio de elevación. Por ejemplo, los UE con retroalimentación similar en el dominio de elevación pueden agruparse para formar una agrupación. El eNB de servicio puede formar un haz vertical específico de agrupación para estos UE en base a la retroalimentación recibida. Como se describirá con más detalle en el presente documento, el eNB puede formar haces verticales específicos de agrupación para UE que proporcionan una retroalimentación similar.

De acuerdo con algunos aspectos, los sectores verticales pueden cambiarse dinámicamente después de un cierto período. Dado que una elevación cambiante de UE es una propiedad estadística lenta, el período diseñado para cambiar los sectores verticales puede definirse como un período de tiempo más largo. Además, a medida que los UE se mueven de una ubicación a otra, los UE pueden unirse a otras agrupaciones verticales cuando su retroalimentación de dominio de elevación se asocia a otra agrupación vertical particular.

La FIG. 25 ilustra operaciones 2500 de ejemplo realizadas de acuerdo con aspectos de la presente divulgación. Las operaciones 2500 pueden ser realizadas por uno o más módulos de un eNB. Como se describió anteriormente, el eNB puede utilizar un conjunto de antenas bidimensional.

En 2502, el eNB recibe retroalimentación desde múltiples UE dentro de su área de cobertura. Como se describirá con más detalle en el presente documento, el UE puede recibir retroalimentación de acuerdo con un esquema de bucle

abierto, un esquema de bucle cerrado o una combinación de ambos. La retroalimentación puede recibirse en el eNB desde un canal físico de control de enlace ascendente y/o un canal físico compartido de enlace ascendente.

En un esquema de bucle abierto, el eNB puede formar múltiples haces de elevación ortogonal para los UE. El UE puede analizar los haces y proporcionar retroalimentación al eNB mediante la designación (por ejemplo, transmisión) de un índice del haz preferido.

En un esquema de circuito cerrado, la retroalimentación recibida por la estación base puede ser una métrica obtenida o calculada por los UE. La métrica puede incluir un indicador de matriz de precodificación (PMI), un vector propio de canal o similar.

En 2504, el eNB puede determinar una correlación en el dominio de elevación entre los UE usando la retroalimentación recibida en la etapa 2502. La correlación proporciona una capacidad del eNB de agrupar los UE en agrupaciones lógicas que se beneficiarían de un haz de elevación formado en base a la retroalimentación.

Dependiendo de si el eNB funciona usando un esquema de bucle abierto o de bucle cerrado, la correlación puede incluir el análisis de la distribución de índices de haz preferidos notificados por los UE (esquema de bucle abierto) o puede incluir la determinación de la correlación entre las diversas métricas de retroalimentación para determinar la agrupación lógica de los UE (esquema de bucle cerrado).

En 2506, el eNB puede configurar una o más agrupaciones de UE basándose en la correlación, en donde cada agrupación de UE incluye un conjunto de UE que tienen una correlación similar o, que están correlacionados dentro de un umbral predeterminado.

En 2508, el eNB puede configurar dinámicamente un sector vertical para cada una de las agrupaciones de UE basándose en la correlación resultante entre los UE en el dominio de elevación. Por ejemplo, cuando el eNB determina que la retroalimentación de una pluralidad de UE está correlacionada y se ha configurado como una agrupación de UE, el eNB puede definir y configurar un sector vertical que dará servicio a cada uno de los UE correlacionados en esa agrupación de UE. El eNB puede configurar dinámicamente tal sector vertical para cada tal agrupación de UE formado por UE con una determinada correlación similar.

En 2510, el eNB puede formar un haz de elevación correspondiente al sector vertical para cada agrupación de UE configurada. Cada haz de elevación puede ser ortogonal a otros haces de elevación. El eNB puede generar la ponderación de haz apropiada para formar el haz que dará servicio al sector vertical dinámico para cada agrupación de UE. Cada sector vertical puede tener un peso de conformación de haz igual a un vector propio principal de un canal compuesto. El canal compuesto puede formarse en base a la retroalimentación en el dominio de elevación recibido desde los UE en cada una de las agrupaciones de UE. El eNB puede transmitir el haz de elevación a los dos o más UE en cada una de las una o más agrupaciones. El haz de elevación puede transmitirse usando un método de multiplexación de tiempo o un método de multiplexación de frecuencia.

De acuerdo con algunos aspectos, el haz de elevación para cada agrupación de UE puede ser ortogonal entre sí. Además, el haz de elevación puede transmitirse por uno o más de un método de multiplexación de tiempo o un método de multiplexación de frecuencia.

Diversos aspectos de la presente divulgación también permiten que un eNB compatible reserve algunos haces para la conformación de haz de elevación específica de UE. Para cualquier área de cobertura dada, puede hacer un equilibrio entre haces específicos de agrupación y haces específicos de UE. Los haces específicos de UE pueden proporcionar comunicaciones más robustas para un UE individual, mientras que los haces específicos de agrupación pueden proporcionar un aumento considerable en la capacidad del sistema. Los esquemas de bucle abierto y de bucle cerrado utilizados para la conformación de haz específica de agrupación también pueden usarse para determinar un UE que pueda no estar en una agrupación lógica y pueda beneficiarse de un haz específico de UE.

La FIG. 26 ilustra un cronograma de transmisión 2600 que ilustra un procedimiento de sectorización vertical dinámico configurado de acuerdo con aspectos de la presente divulgación. Como se ilustra, se puede definir una supertrama periódica que consiste en decenas de tramas. La supertrama 2602 se ilustra en el cronograma de transmisión 2600, que incluye el número "X" de tramas.

En la primera subtrama, "n", el eNB transmite una señal de referencia. Por ejemplo, el eNB puede transmitir una señal de referencia de información de calidad de canal a una pluralidad de UE. Cada UE mide su canal en RS-CSI y proporciona retroalimentación en el dominio de elevación al eNB. El esquema usado por el eNB y los UE puede ser de bucle abierto, de bucle cerrado o una combinación de ambos. Como se describió anteriormente, en un modo de bucle abierto, los UE retroalimentan el índice del mejor de los haces de elevación ortogonales. En un modo de bucle cerrado, los UE retroalimentan una métrica, tal como el rango 1, PMI, vector propio de canal o similar.

El eNB recopila la información de canal retroalimentada en el dominio de elevación de los UE y forma sectores verticales dinámicos para una agrupación de UE basándose en una correlación de la retroalimentación de bucle abierto, bucle cerrado o una combinación de ambas.

- 5 Como se indicó anteriormente, la conformación de haz específica de UE puede seguir siendo aplicable para UE que no encajan en una agrupación correlacionada de UE.

10 Los sectores verticales formados no cambiarán hasta el final de la supertrama 2602 en la trama "n + X". En este momento, el eNB podrá, de nuevo, transmitir una RS, y los UE en las áreas de cobertura del eNB puede proporcionar retroalimentación en el dominio de elevación al eNB usando un esquema de bucle abierto o de bucle cerrado.

15 Cabe señalar que la cantidad de información suplementaria que utilizaría el eNB para transmitir la RS (por ejemplo, una RS-CSI) para la retroalimentación de elevación desde el UE es muy baja. En consecuencia, los aspectos ilustrados de la presente divulgación no aumentarían sustancialmente los requisitos de información suplementaria o de procesamiento de la estación base o los UE.

20 La FIG. 27 ilustra un área de cobertura 2700 de un eNB 2702 configurado de acuerdo con aspectos de la presente divulgación. El eNB 2702 está configurado para la sectorización vertical dinámica e inicia el proceso de sectorización transmitiendo una RS-CSI para la retroalimentación de elevación de los UE ubicados dentro del área de cobertura 2700.

25 Múltiples UE están ubicados dentro del área de cobertura del eNB 2702, incluyendo el UE 2704, los UE 2706-A, 2706-B en varias plantas del edificio 2706 y los UE 2708-A en el edificio 2708. Cada uno de los UE ubicados dentro del área de cobertura 2700 proporciona retroalimentación al eNB en el dominio de elevación. El eNB correlaciona la retroalimentación para determinar dinámicamente los sectores verticales.

30 El edificio 2706 incluye varios UE en el tercer piso 2706-A y varios UE en el primer piso 2706-B. La correlación de la retroalimentación de elevación para los UE en el edificio 2706 hace que el eNB configure un sector vertical 2710 para la agrupación de UE en el tercer piso y un sector vertical 2718 para la agrupación de UE en el primer piso del edificio 2706.

35 El eNB también encuentra una correlación entre múltiples UE al aire libre en el área de cobertura 2700. El eNB define una agrupación de UE 2712 y un sector vertical 2714 asociado a la agrupación de UE 2712. La correlación de la retroalimentación de elevación para los UE en el edificio 2708 hace que el eNB configure un sector vertical 2716 para la agrupación de UE en el tercer piso del edificio 2708.

40 Finalmente, la retroalimentación de elevación recibida desde el UE 2704 puede no correlacionarse con ninguno de los otros UE ubicados dentro del área de cobertura 2700. En consecuencia, el eNB puede configurar un haz de elevación específico de UE 2720 para dar servicio al UE 2704.

45 Esta distribución de UE y la sectorización vertical dinámica resultante implementada por el eNB 2702 puede permanecer en su lugar durante decenas de tramas, como se describe en la FIG. 26. Además, a medida que cualquier UE en cualquier sector vertical se mueve hacia otro sector vertical, puede convertirse en parte de esa agrupación particular de UE.

50 Por ejemplo, si uno de los UE en el tercer piso del edificio 2706 se dirige hacia el primer piso del edificio, el UE saldrá de la agrupación de UE para la que se configuró el sector vertical 2710 y se unirá a la agrupación de UE en el primer piso 2706 -B para la que se configuró el sector vertical 2718. En consecuencia, al configurar dinámicamente sectores verticales en base a la retroalimentación de los UE en el dominio de elevación, el eNB puede gestionar de manera más flexible los UE que tienen elevaciones variables sin desperdiciar la capacidad del sistema a través de sectores verticales fijos.

55 Como se indicó anteriormente, los mecanismos de retroalimentación de elevación pueden implementarse en varios aspectos de la presente divulgación usando un esquema de bucle abierto, un esquema de bucle cerrado o alguna combinación o variación de ambos. o alguna combinación o variación de ambos.

60 La FIG. 28 ilustra operaciones 2800 de ejemplo ejecutadas para implementar un esquema de retroalimentación de elevación de bucle abierto de acuerdo con aspectos de la presente divulgación. La FIG. 29 ilustra un eNB 2902 configurado para un mecanismo de retroalimentación de elevación de bucle abierto de acuerdo con la metodología ilustrada en la FIG. 28.

En el bloque 2802, el eNB 2902 usa un recurso de RS-CSI común para formar múltiples haces de elevación ortogonales, haz de elevación 1 a haz de elevación K, en un método de multiplexación de tiempo y frecuencia.

En 2804, el eNB 2902 recibe retroalimentación de elevación desde cada uno de los UE 2904-2910. Cada uno de los UE 2904-2910 retroalimenta el índice de uno de los haces de elevación 1 a K que es su mejor haz en el dominio de elevación.

5 Por ejemplo, el UE 2904 puede retroalimentar el índice K del haz de elevación K, mientras que el UE 2908 puede retroalimentar el índice 2 del haz de elevación 2, como índices para los mejores haces, respectivamente.

En 2806, el eNB 2902 analiza la distribución de los índices de haz preferidos de los UE 2904-2910. Se determina, en 2808, si alguno de los UE notificó mejores índices de haz idénticos o similares.

10 En 2810, el eNB puede formar un haz de elevación para UE con haces preferidos iguales o similares. De acuerdo con algunos aspectos, si los UE notifican haces adyacentes, entonces esos UE también pueden agruparse con un haz unificado. Por ejemplo, los UE 2906 y 2908 retroalimentan el índice 2 del haz de elevación 2 como el mejor haz, mientras que el UE 2910 retroalimenta el índice 1 del haz de elevación vecino 1. En consecuencia, el eNB 2902 puede configurar un haz unificado L para un sector vertical para dar servicio a la agrupación de UE 2906, 2908, y 2910.

De esta manera, el eNB puede analizar una distribución de un haz preferido de cada UE de una pluralidad de UE. Posteriormente, el eNB puede agrupar dos o más de los UE, que comparten preferencias de haz similares, para formar una o más agrupaciones de UE.

20 Si el índice del haz preferido no es el mismo para un UE, entonces, en 2812, el eNB 2902 formará un haz específico de UE usando el índice de haz notificado. Por ejemplo, el UE 2904 notificó el índice K, que no es el mismo y no es adyacente a ninguno de los haces de elevación notificados por los UE 2906-2910. En consecuencia, el eNB 2902 puede formar un haz M específico de UE para el UE 2904. De esta manera, algunos de los haces pueden reservarse para la conformación de haz de elevación específica de UE.

Cabe señalar que los UE 2906, 2908, 2910 en el sector vertical atendido por el haz unificado L pueden actuar de la misma manera que si estuvieran en un sistema MIMO 2D.

30 La FIG. 30 ilustra operaciones 3000 de ejemplo implementadas en un esquema de retroalimentación de elevación de bucle cerrado de acuerdo con aspectos de la presente divulgación. En 3002, un eNB recibe métricas de retroalimentación de elevación desde los UE dentro de un área de cobertura del eNB. Las métricas de retroalimentación de elevación pueden incluir un PMI de rango 1, vectores propios y similares.

35 En 3004, el eNB determina correlaciones para todas las combinaciones de pares de los múltiples UE. Por ejemplo, las métricas de retroalimentación de elevación para UE 1-N se representan como h_1, h_2, \dots, h_N . El eNB determina las correlaciones de acuerdo con el siguiente algoritmo:

para $i=1:N$

para $j=i:N$

$$C_{i,j}=(\mathbf{h}_i)^H\mathbf{h}_j$$

fin

40 $C_{i,j}$ es una matriz que representa el canal de manera similar entre un par de UE (UE_i y UE_j). De acuerdo con algunos aspectos, h_i puede ser uno de entra un PMI de rango 1 o un vector propio de canal del UE_i , y h_j puede ser uno de entre un PMI de rango 1 o un vector propio de canal del UE_j . N representa un número total de la pluralidad de UE.

45 En 3006, el eNB compara el valor de cualquier correlación con un primer umbral predeterminado T_1 . La comparación con el primer umbral predeterminado determina qué tan estrechamente correlacionados están el par de UE. Si la correlación es menor que T_1 , entonces, en 3014, se considera que los UE del par no son candidatos para un clúster y el eNB continúa comparando las otras combinaciones, en 3006.

50 Si la correlación del par es igual o mayor que T_1 , entonces las UE del par se designan para ser candidatas al clúster y, en 3008, contabilizados por el eNB como UE correlacionados.

55 En 3010, el eNB compara el número de UE contabilizados como correlacionados entre sí con un segundo umbral predeterminado T_2 . Dependiendo del diseño de la red, un operador podrá designar un determinado número umbral de UE coincidentes que deben existir antes de formar un grupo de UE para la sectorización vertical dinámica. Si el número de UE correlacionadas no supera T_2 , entonces, en 3016, no se forma un haz de elevación unificado para el grupo de UE.

De otra manera, si el número de UE correlacionados alcanza o supera el segundo umbral, entonces, en 3012, el eNB forma un sector vertical para el grupo de estas UE correlacionadas con un haz de elevación unificado. En consecuencia, el eNB puede formar dinámicamente el haz de elevación para el grupo de UE en función de la retroalimentación recibida de las UE en el dominio de elevación.

Cabe señalar que el peso del haz para este vector puede seleccionarse como: $w(i) = \text{SVD}([h_1 \dots h_n(i)])^*$, donde el peso, $w(i)$ es la descomposición del valor singular (SVD) del conjugado de las métricas de elevación de las UE correlacionadas. El SVD opera para seleccionar el vector propio principal de las métricas de retroalimentación.

Cabe señalar además que, con el fin de mitigar las interferencias entre los diferentes sectores verticales, se puede aplicar diagonalización de bloques (BD). De acuerdo con algunos aspectos, la interferencia puede mitigarse entre un haz de elevación del sector vertical y un haz de elevación específico del UE. La interferencia puede mitigarse formando los haces específicos de UE utilizando un método de forzamiento cero (ZF) o un método BD.

Los esquemas de bucle abierto y de circuito cerrado ofrecen beneficios y perjuicios para la implementación. Por ejemplo, los esquemas de retroalimentación de bucle abierto requieren menos retroalimentación, y, por lo tanto, son adecuados para escenarios con velocidad UE media. Los esquemas de bucle abierto también requieren menos complejidad tanto en el lado eNB como en el UE. Al contrario, hay un número limitado de haces ortogonales. Por lo tanto, se pueden utilizar menos haces de elevación para determinar la retroalimentación UE.

En comparación con la formación de haces de elevación específica de UE, la sectorización vertical dinámica requiere poca sobrecarga y la señalización relacionada con la formación de haces puede ser multidifusión a los UE en un clúster, por lo tanto, obviando la necesidad de notificar a los UE uno por uno.

Adicionalmente, los sectores verticales pueden permanecer en su lugar durante un período más largo porque las propiedades estadísticas en el dominio de dirección vertical o elevación cambian lentamente con el tiempo. En operaciones típicas, Los UE generalmente se mueven en el dominio azimutal. Debido a los gastos generales más bajos y los períodos de sector vertical más largos, los diversos aspectos de la presente divulgación ofrecen un mejor rendimiento cuando los UE se mueven a velocidad media o se mueven dentro de una distribución de UE densa. No se puede obtener información precisa del canal en el escenario de velocidad media UE. En distribuciones de UE densas, por ejemplo, aeropuerto, un haz puede no ser lo suficientemente estrecho como para separar diferentes UE.

Se entiende que el orden específico o la jerarquía de etapas en los procesos divulgados es una ilustración de enfoques ejemplares. Basado en las preferencias de diseño, se entiende que el orden específico o la jerarquía de etapas en los procesos puede ser reorganizado. Las reivindicaciones del método que acompaña presentan elementos de las diversas etapas en un orden de muestra, y no están destinadas a limitarse al orden o jerarquía específica presentada.

La descripción anterior se proporciona para permitir que cualquier experto en la materia practique los diversos aspectos descritos en el presente documento. Diversas modificaciones a estos aspectos serán fácilmente evidentes para aquellos expertos en la materia, y los principios genéricos definidos en el presente documento pueden aplicarse a otros aspectos. El alcance de la invención está definido por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un método para la comunicación inalámbrica por una estación base, que comprende:

- 5 generar una matriz de precodificación de puertos que comprima un mayor número de elementos de antena a un número menor de puertos de antena;
transmitir equipo de usuario, Señales de referencia de puerto específicas de UE a una UE utilizando la matriz de precodificación de puertos, en donde las UE se dividen en múltiples categorías de acuerdo con su capacidad de admitir múltiples tipos de partición de subconjunto y libros de códigos asociados;
 - 10 recibir retroalimentación acerca de la información sobre el estado del canal, CSI, medida por el UE basándose en las señales de referencia de puerto específicas del UE;
correlacionar múltiples capas de datos a puertos de antena específicos del UE en función de la retroalimentación con respecto a CSI;
 - 15 mapeo de cada uno de los puertos de antena específicos del UE a elementos físicos de antena; y la transmisión de datos al UE, basándose en la correlación de las múltiples capas de datos y la correlación de puertos de antena con elementos físicos de antena.
2. El método de la reivindicación 1, en donde la matriz de precodificación de puerto se genera en base a la estimación de canal de enlace ascendente.
- 20 3. El método de la reivindicación 1, en donde los elementos físicos de la antena están dispuestos en una matriz multidimensional.
- 25 4. El método de la reivindicación 1, que comprende, además, la correlación de secuencias piloto a puertos de antena específicos del UE.
5. El método de la reivindicación 1, en donde la retroalimentación comprende retroalimentación cuantizada que comprenda al menos uno de un indicador de matriz preferido, PMI, y una indicación de rango, RI.
- 30 6. El método de la reivindicación 5, en donde la retroalimentación cuantizada se selecciona de un libro de códigos predefinido.
7. El método de la reivindicación 1, que comprende, además, la transmisión, al UE, información con respecto a una partición de subconjunto de los elementos de antena.
- 35 8. El método de la reivindicación 7, en donde la información comprende al menos uno de entre un tipo de partición de subconjunto, una estructura de puertos de antena, o una serie de puertos de antena.
- 40 9. El método de la reivindicación 1, en donde ciertos tipos de UE admiten menos tipos de partición de subconjunto que otros tipos de UE.

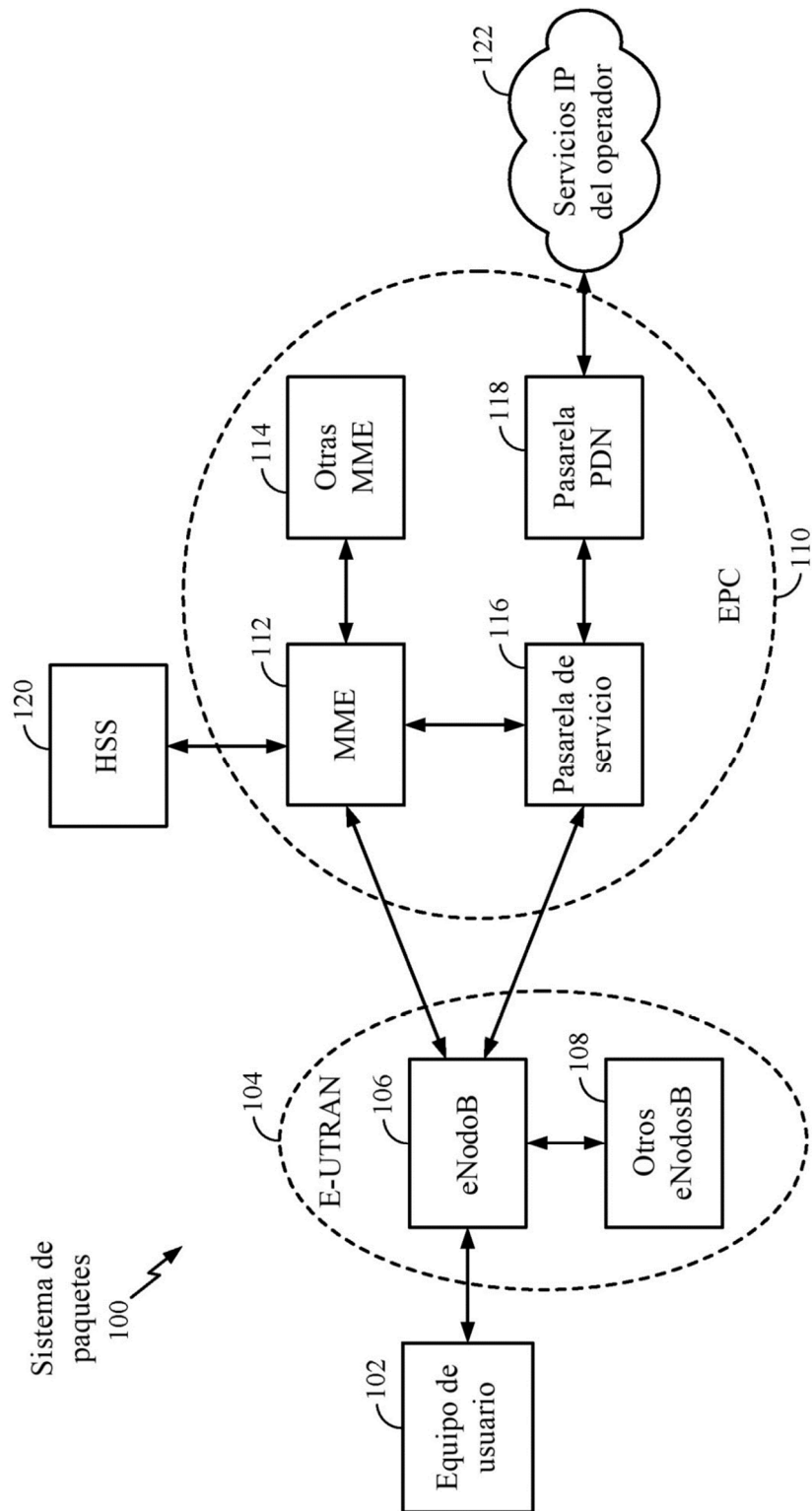


FIG. 1

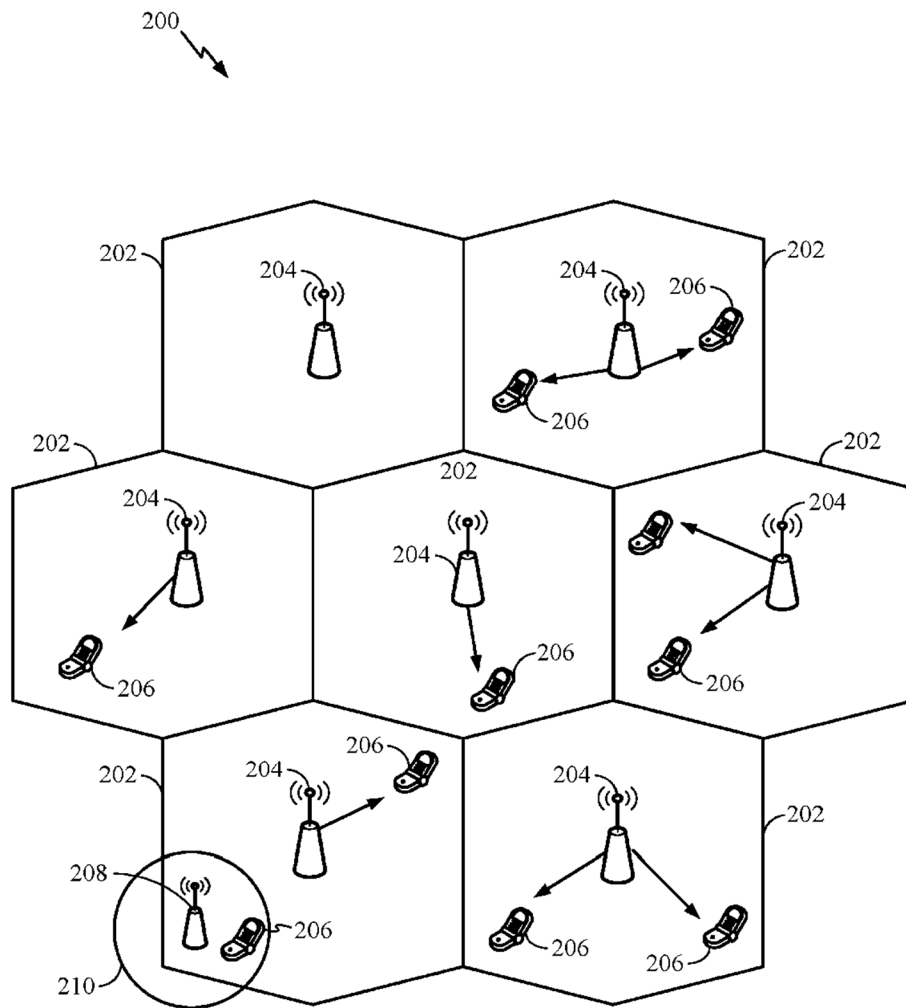


FIG. 2

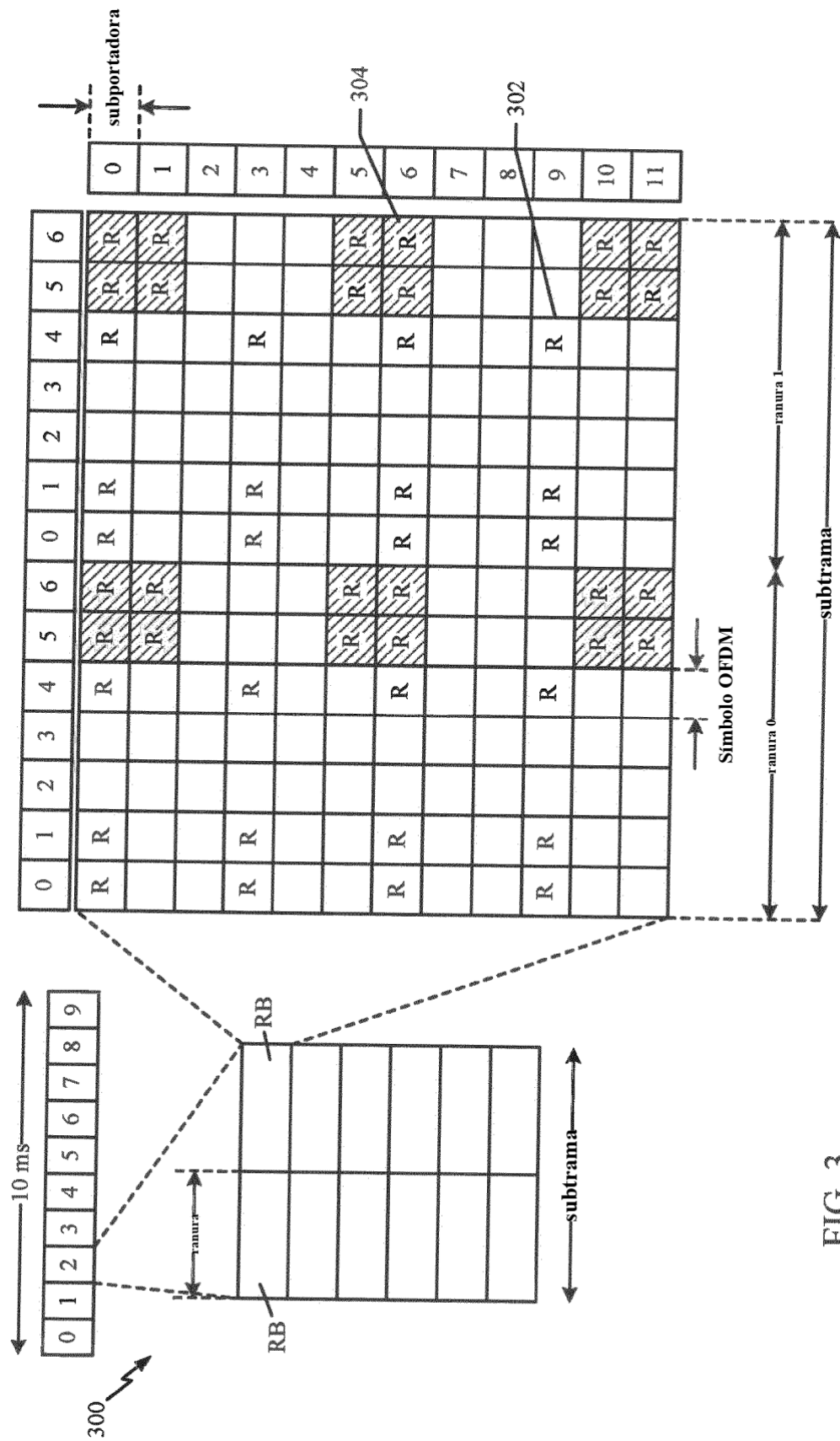


FIG. 3

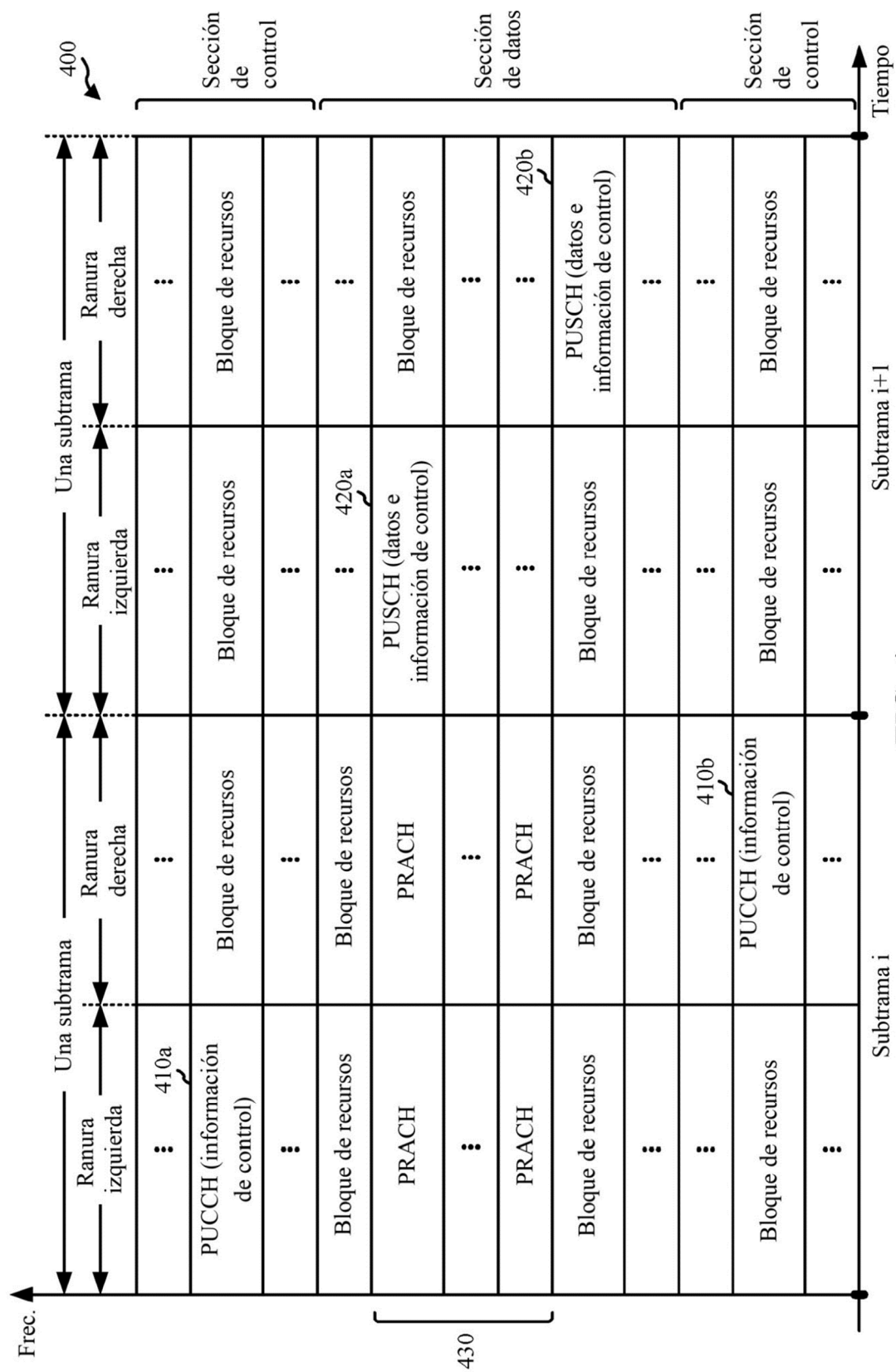


FIG. 4

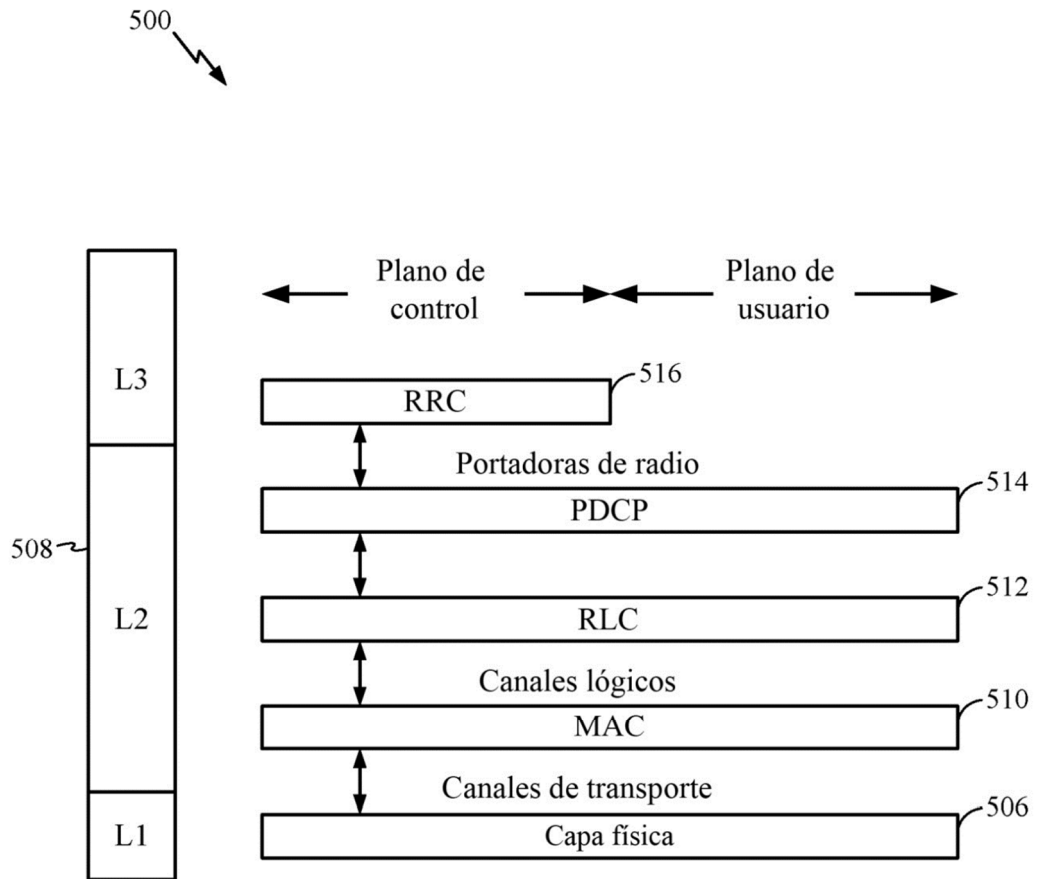


FIG. 5

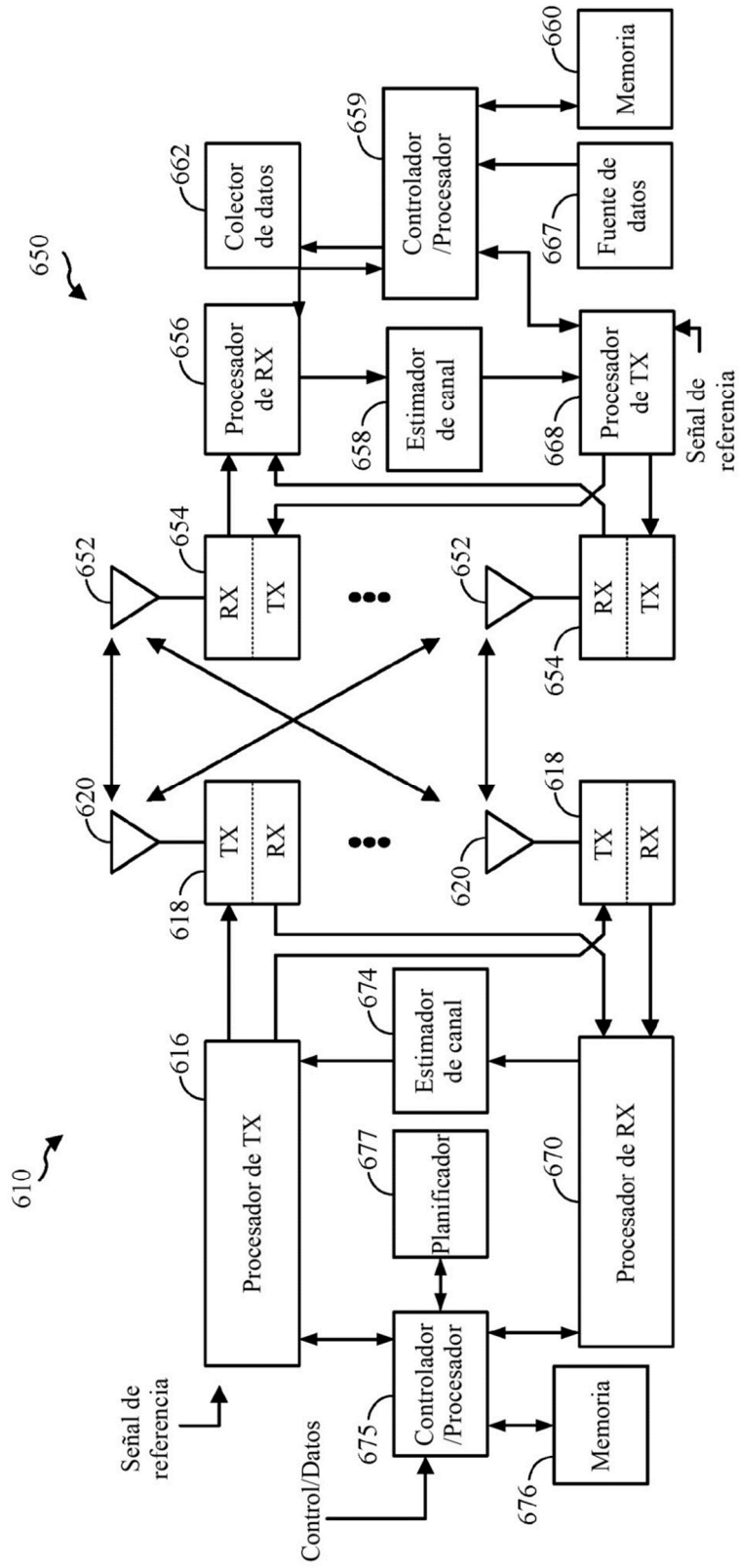
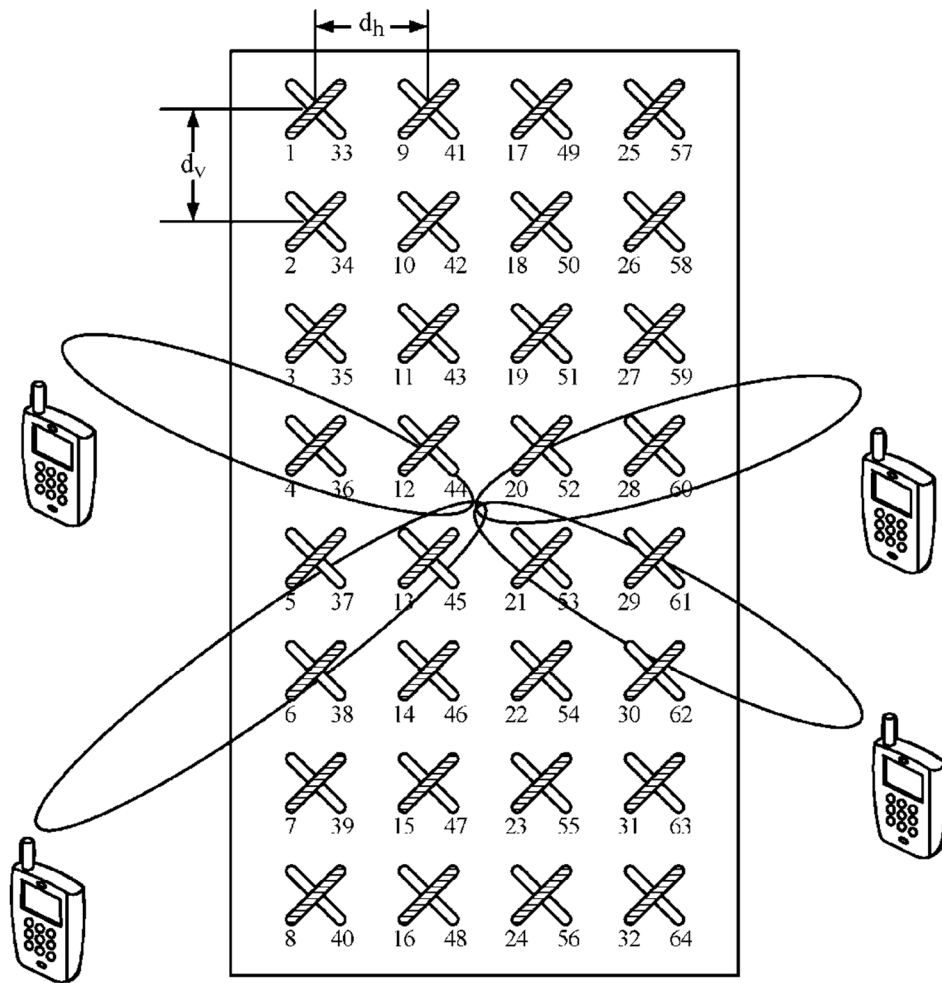
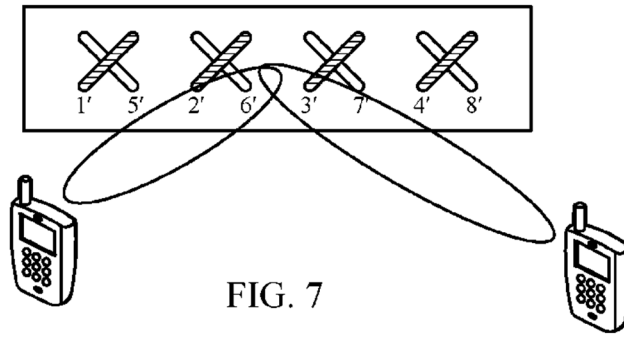
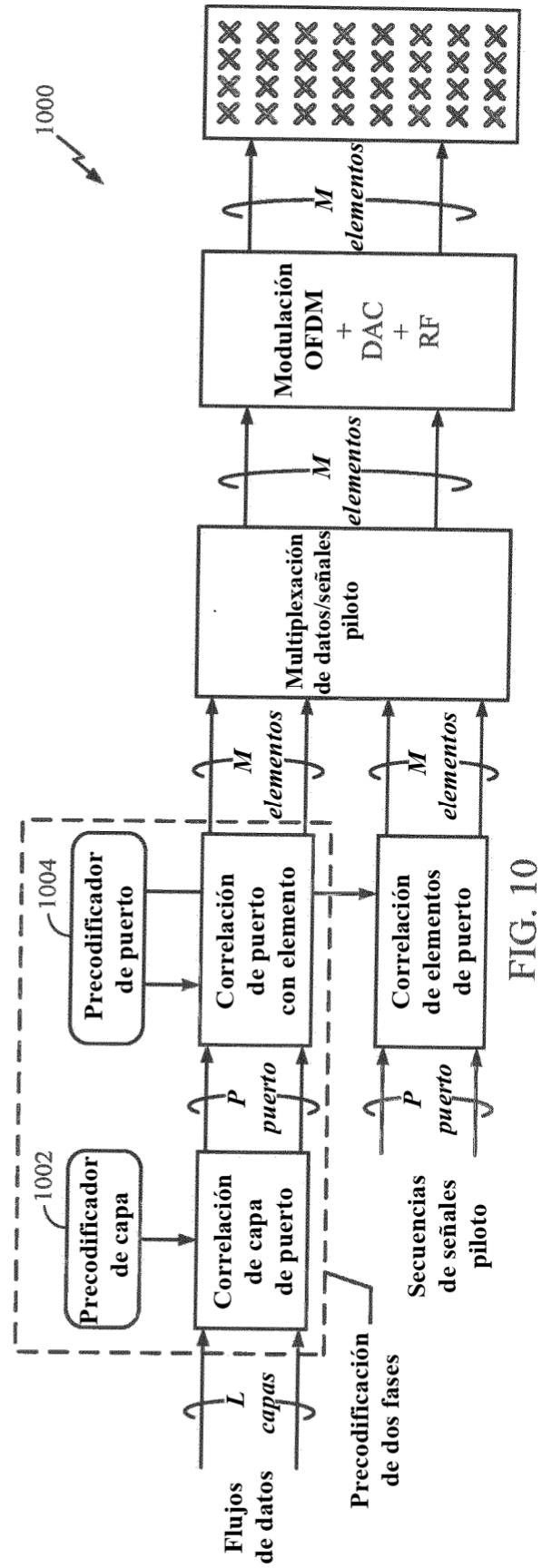
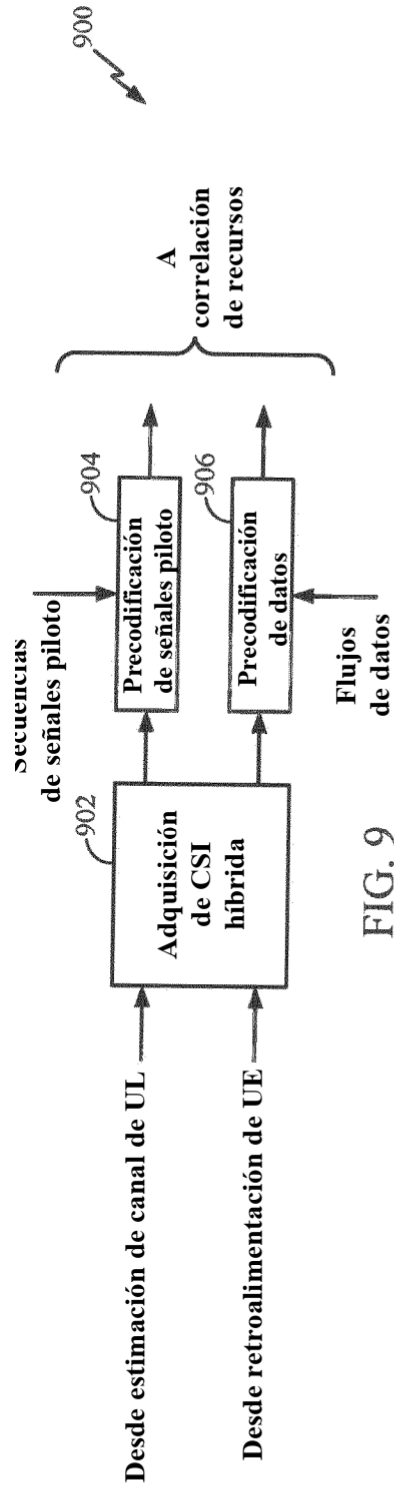


FIG. 6





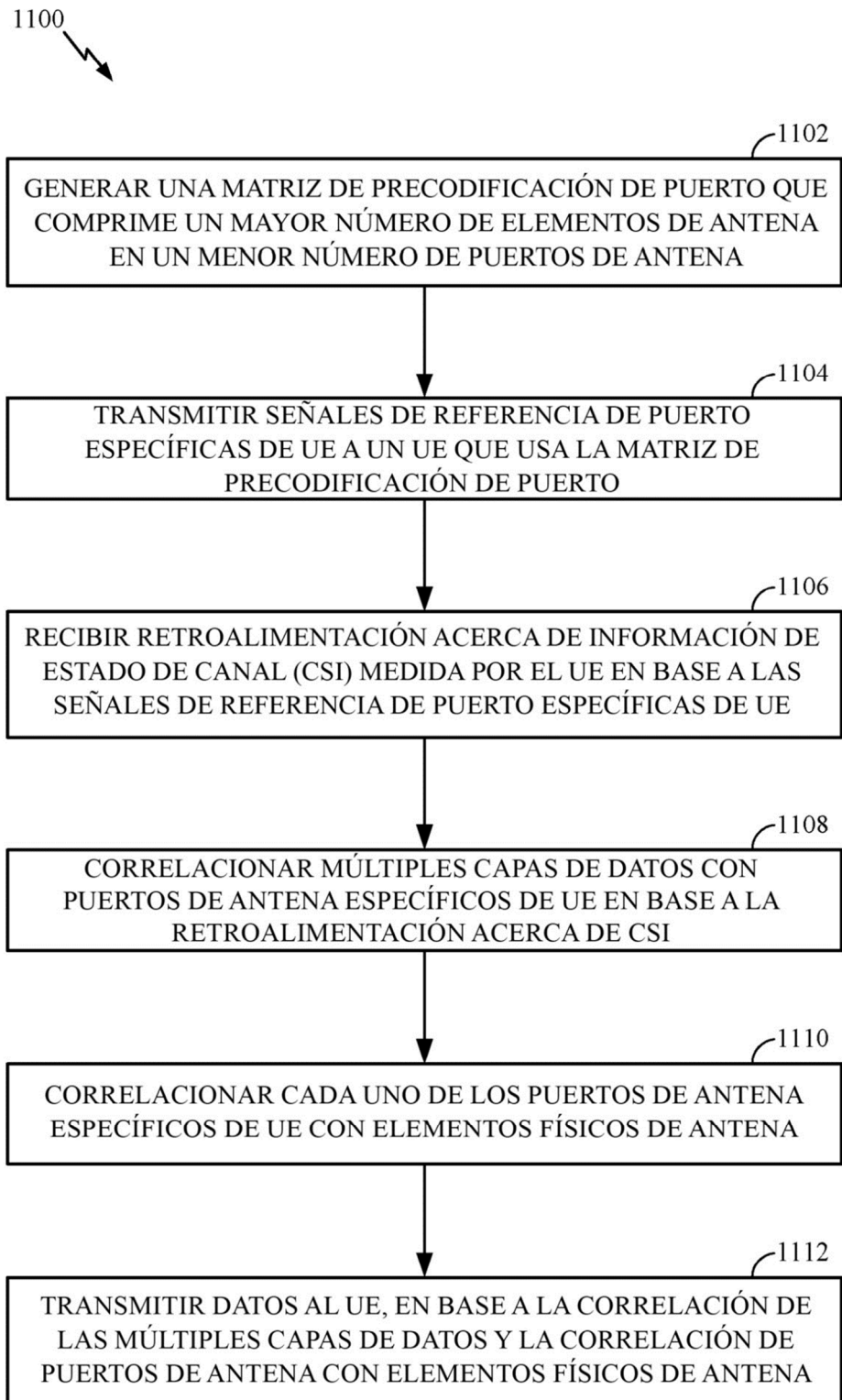


FIG. 11

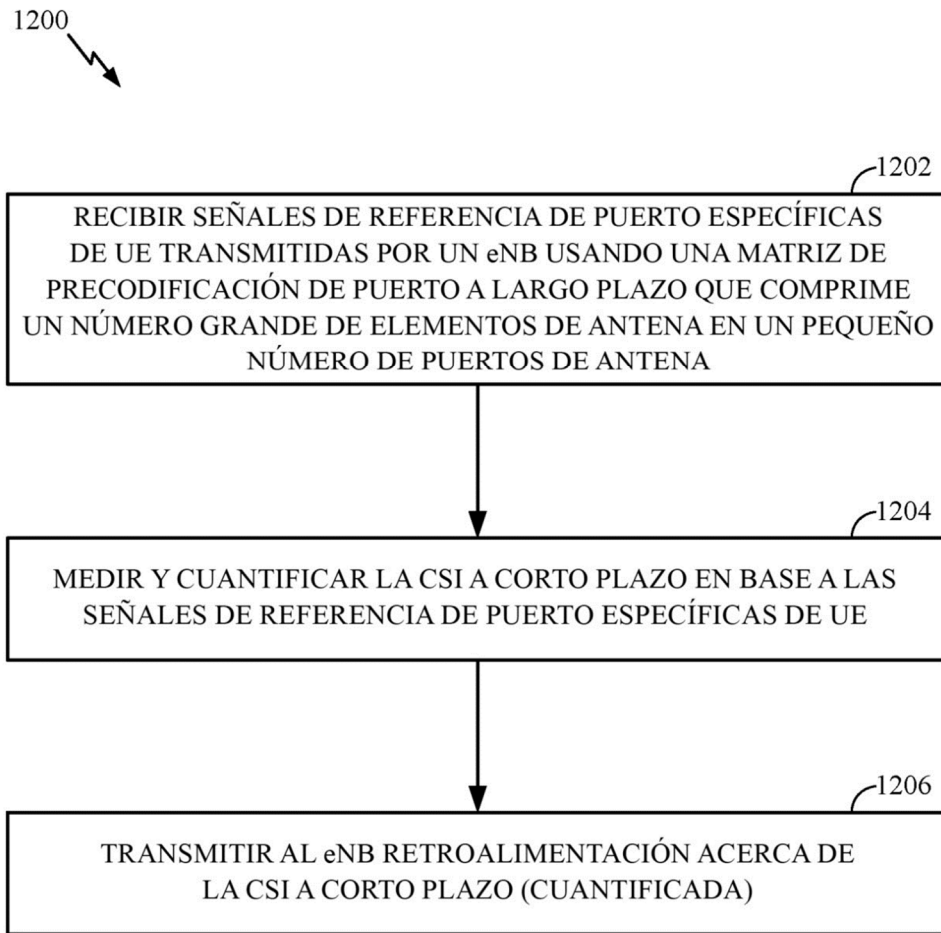


FIG. 12

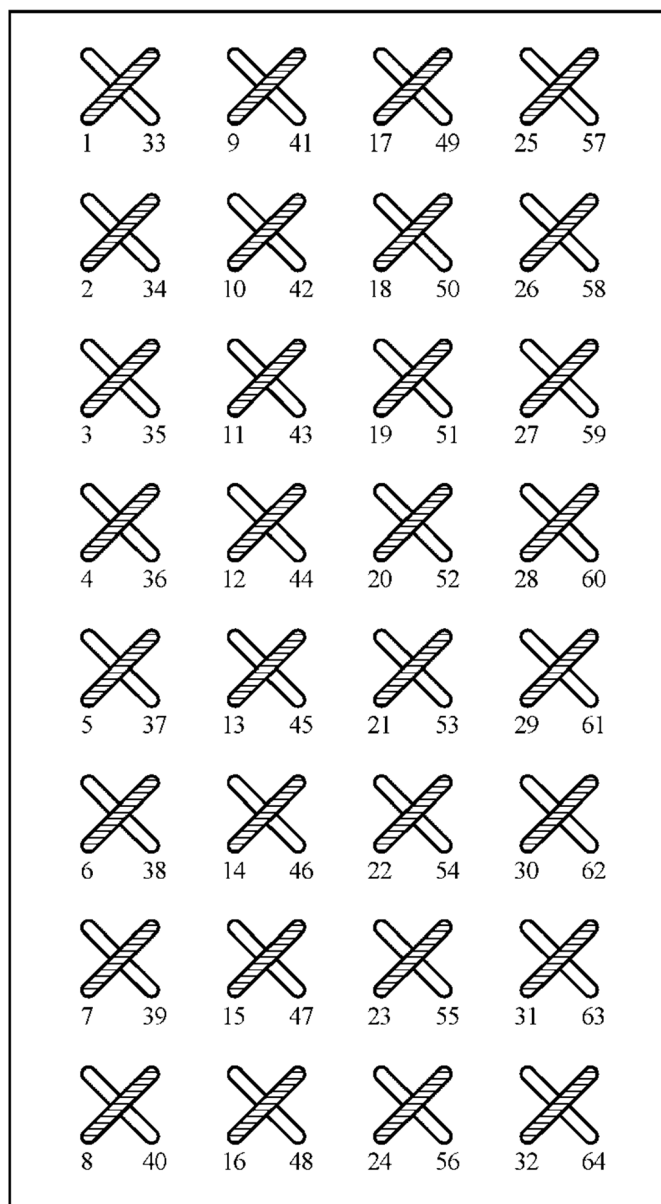


FIG. 13

- Subconjunto de tipo 1
 - $S_1 = I_{64}$
 - $R = 8$

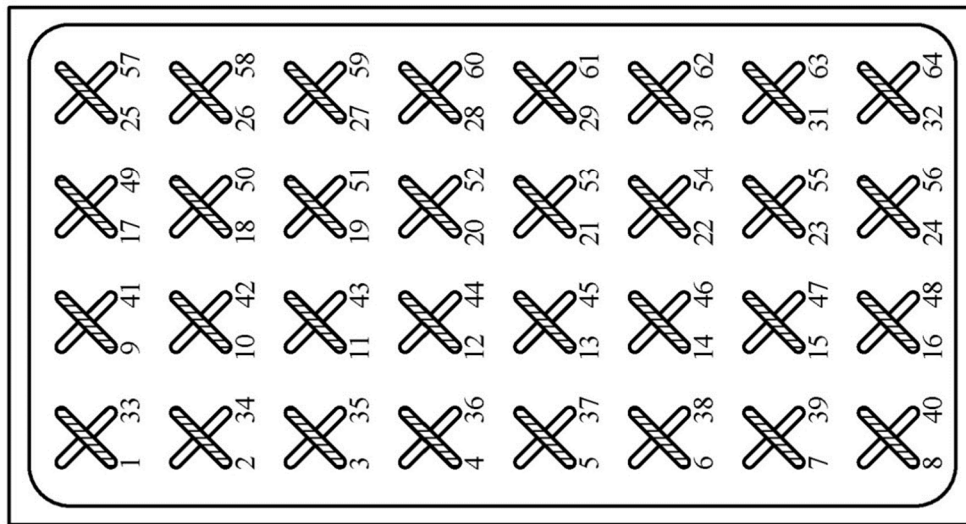


FIG. 14

- Subconjunto de tipo 2
 - $(S_1, S_2) = I_{64}$,
 - $R = 4$

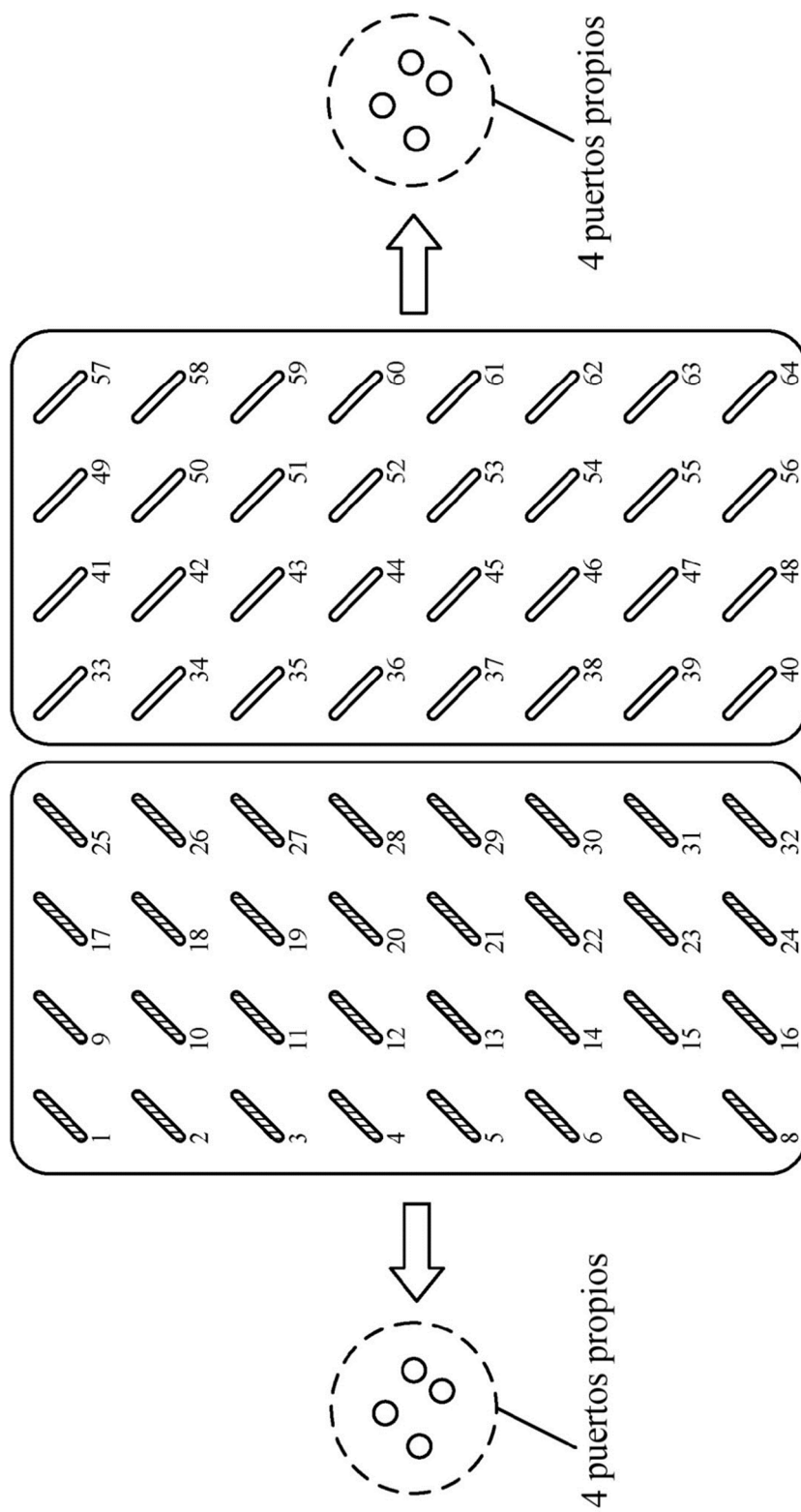


FIG. 15

- Subconjunto de tipo 4a
 - $(S_1 \ S_2 \ S_3 \ S_4) = I_{64}$,
 - $R = 2$

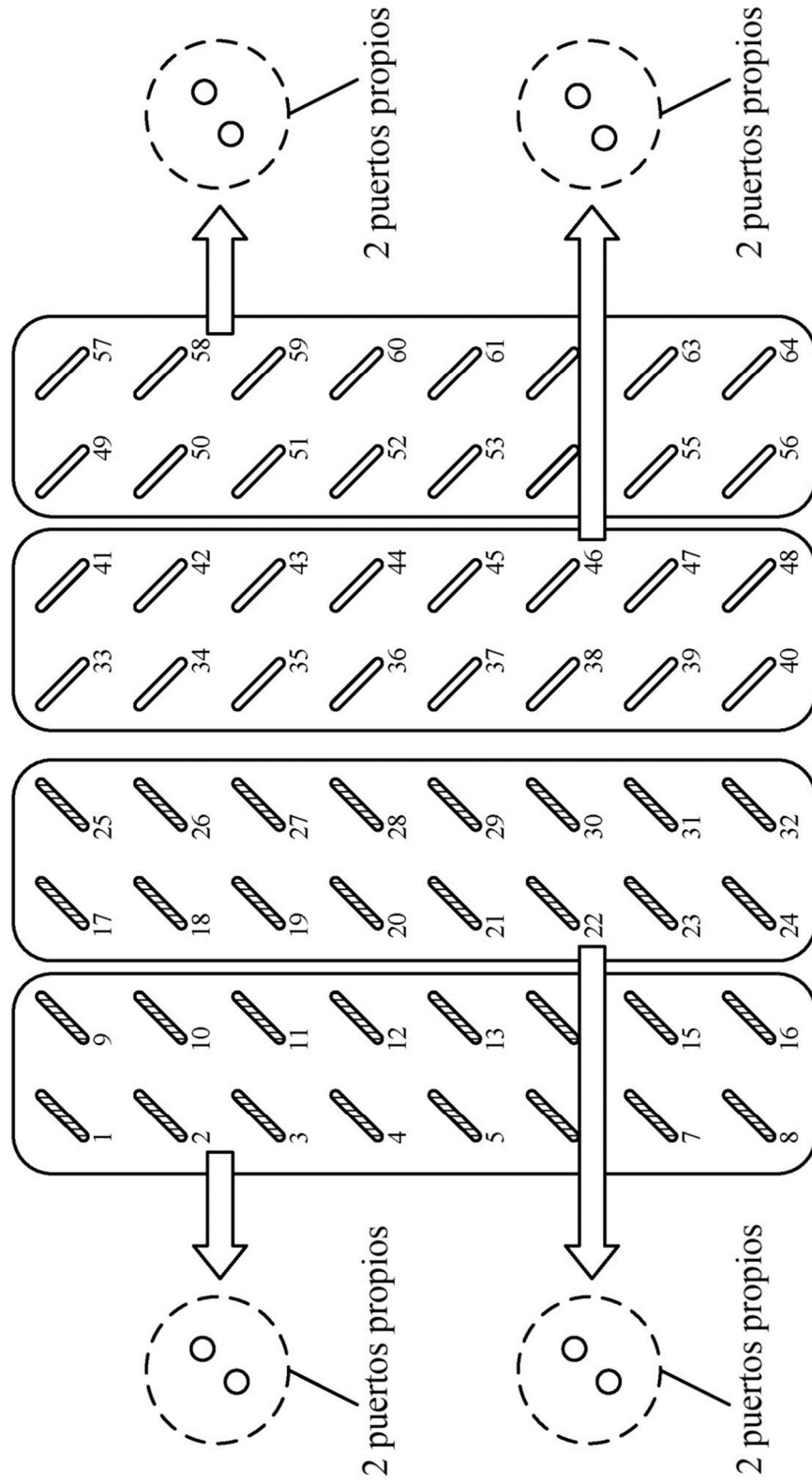


FIG. 16

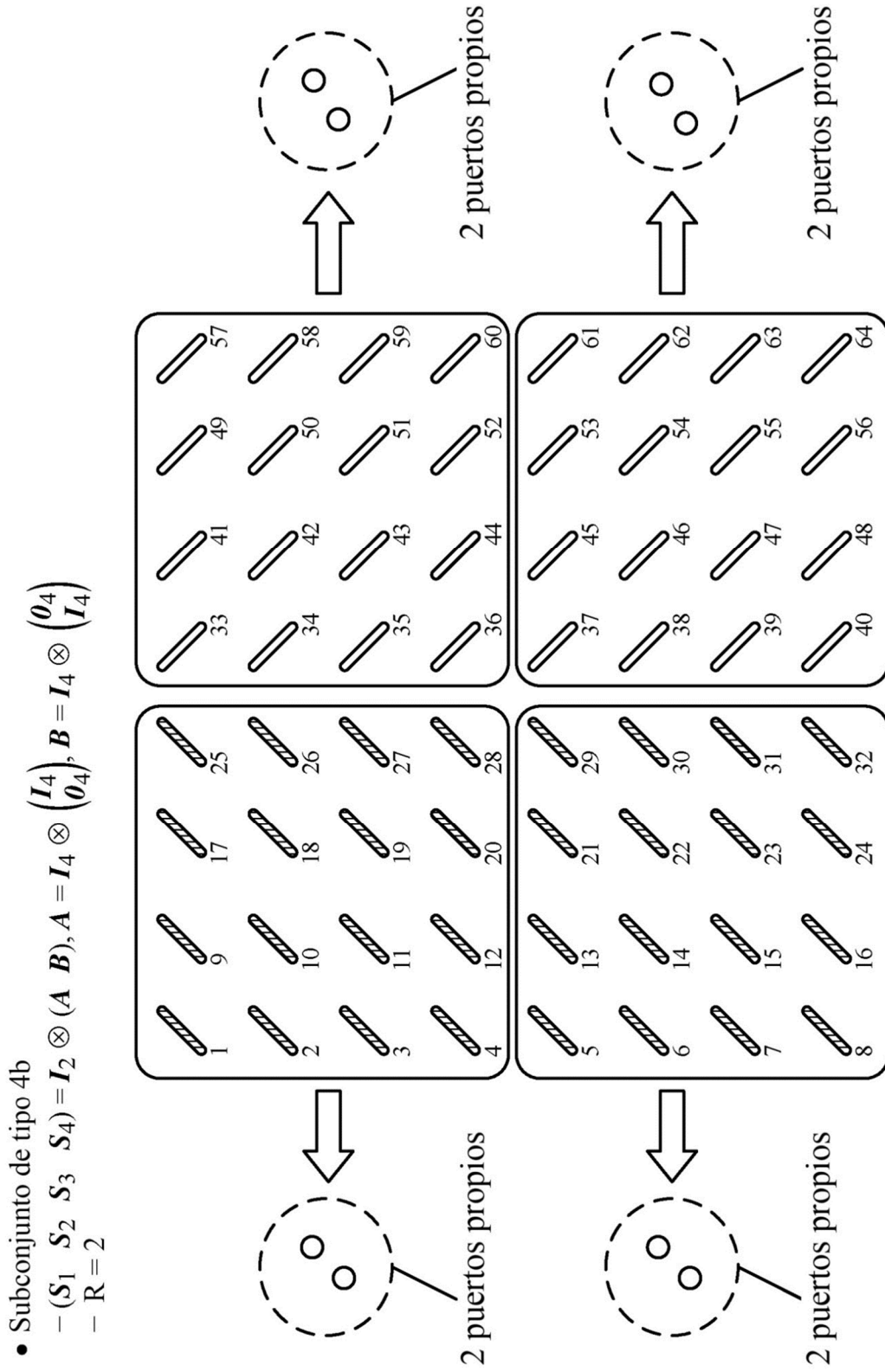


FIG. 17

- Subconjunto de tipo 8a
 - $(S_1 \ S_2 \dots S_8) = I_{64}$,
 - $R = 2$

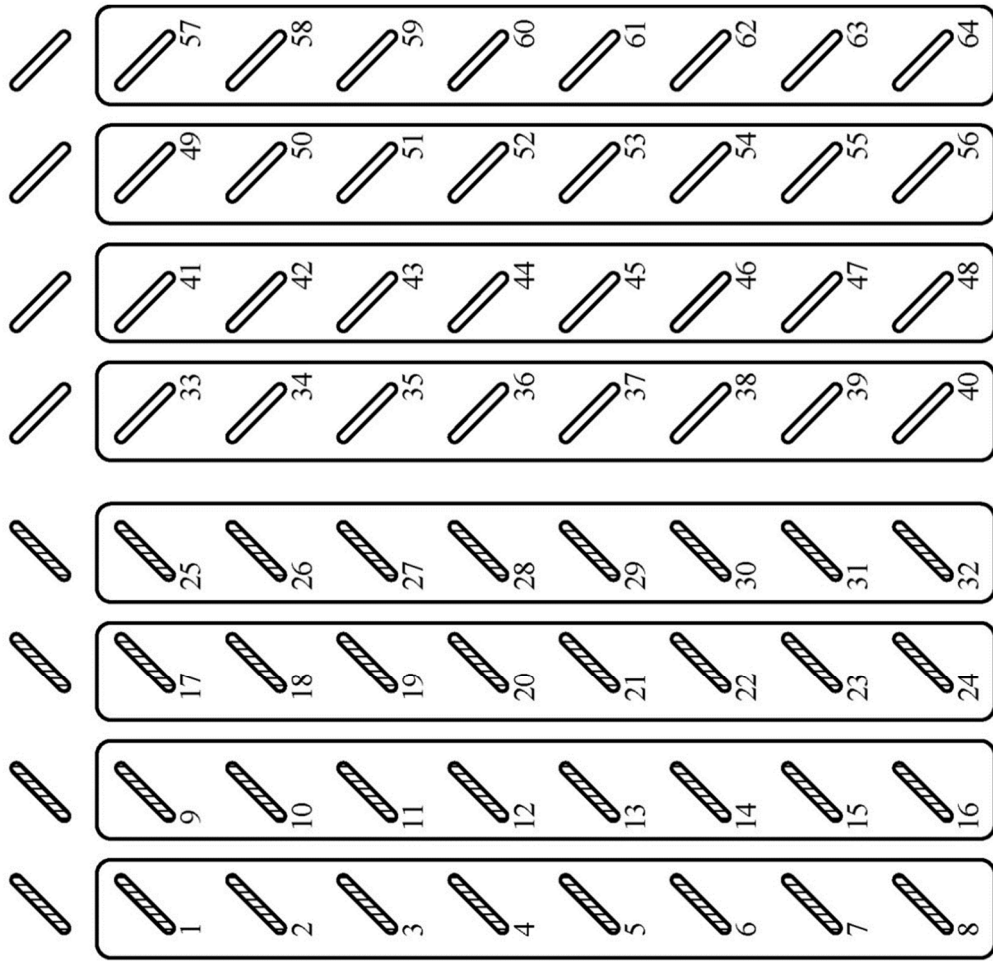


FIG. 18

- Subconjunto de tipo 8b
 - $(S_1 \ S_2 \ \dots \ S_8) = I_4 \otimes (A \ B), A = I_2 \otimes \begin{pmatrix} I_4 \\ 0_4 \end{pmatrix}, B = I_2 \otimes \begin{pmatrix} 0_4 \\ I_4 \end{pmatrix}$
 - $R = I$

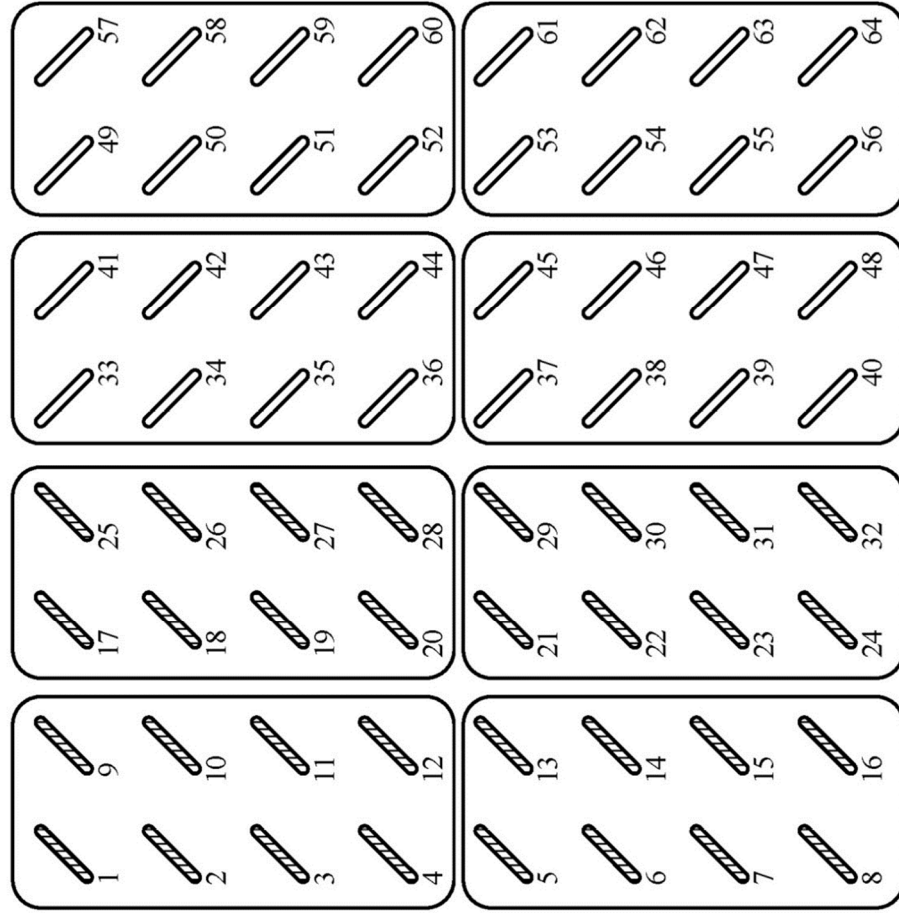


FIG. 19

• Subconjunto de tipo 8c

- $(S_1 \ S_2 \ \dots \ S_8) = I_2 \otimes (A_1 \ A_2 \ A_3 \ A_4) \otimes I_2$,
- $A_i = I_4 \otimes e_i, i = 1, 2, \dots, 4, (e_1 \ e_2 \ e_3 \ e_4) = I_4$
- $R = 1$

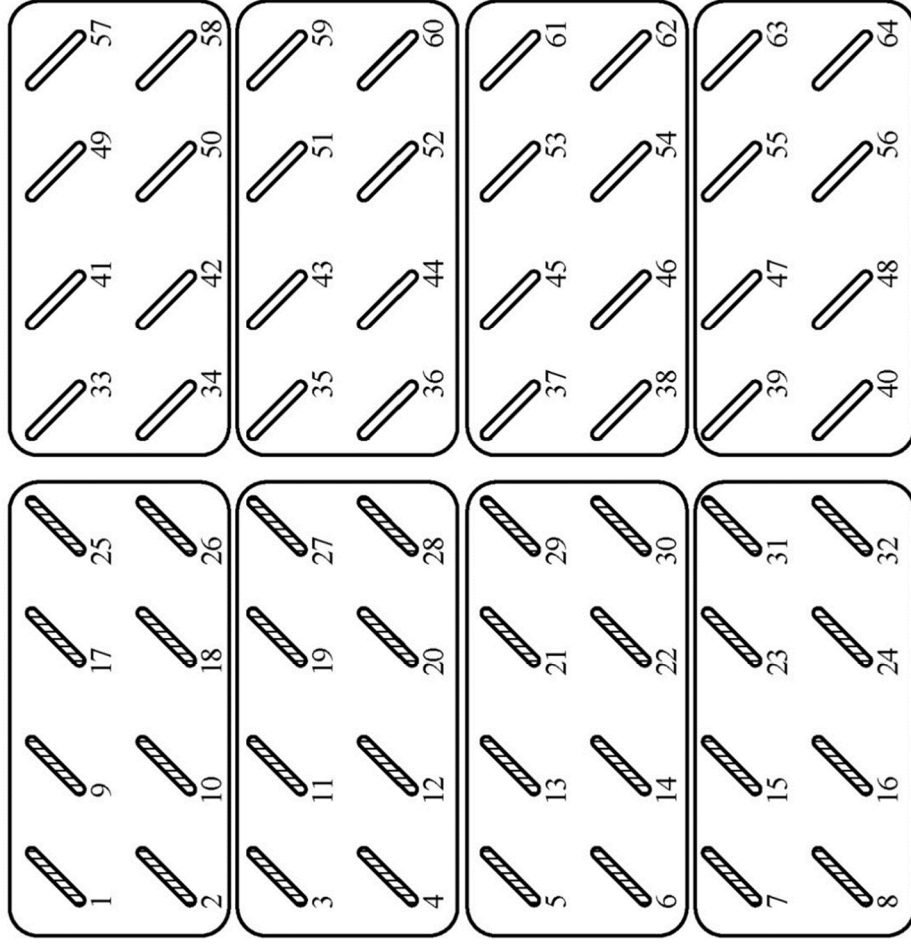


FIG. 20

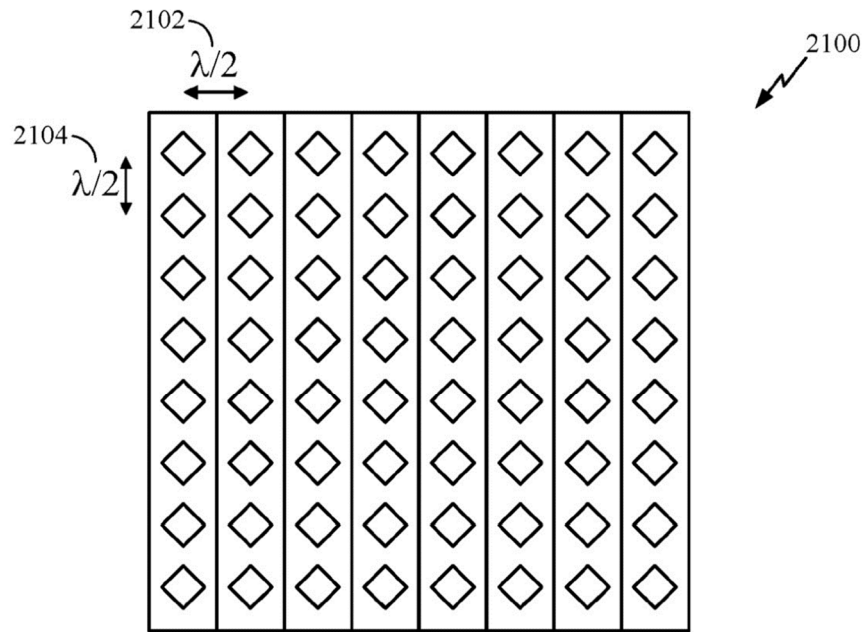


FIG. 21

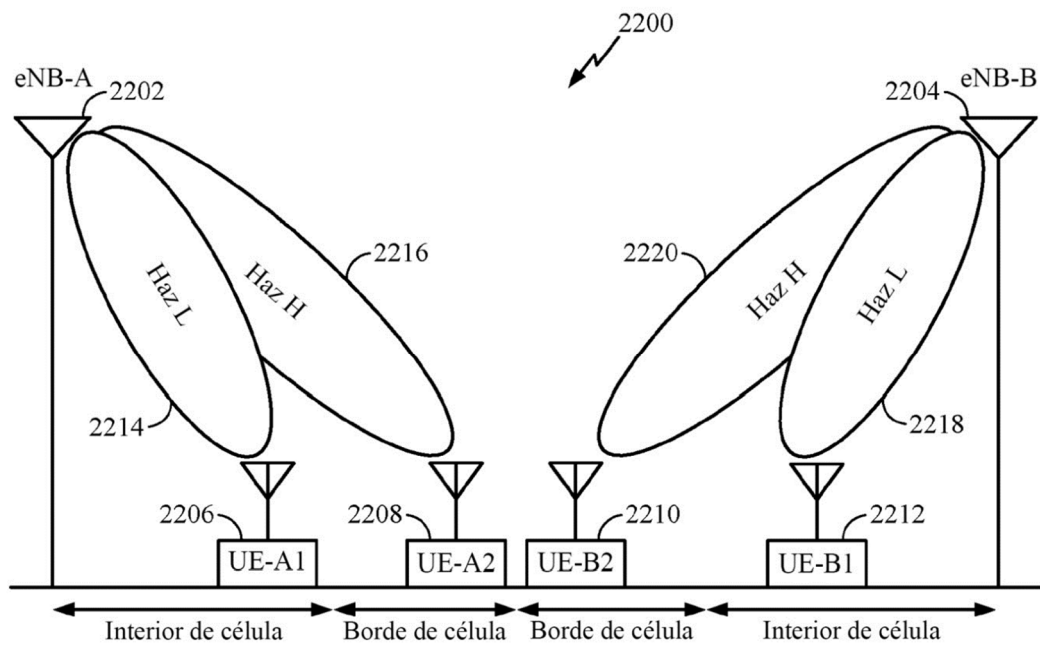


FIG. 22

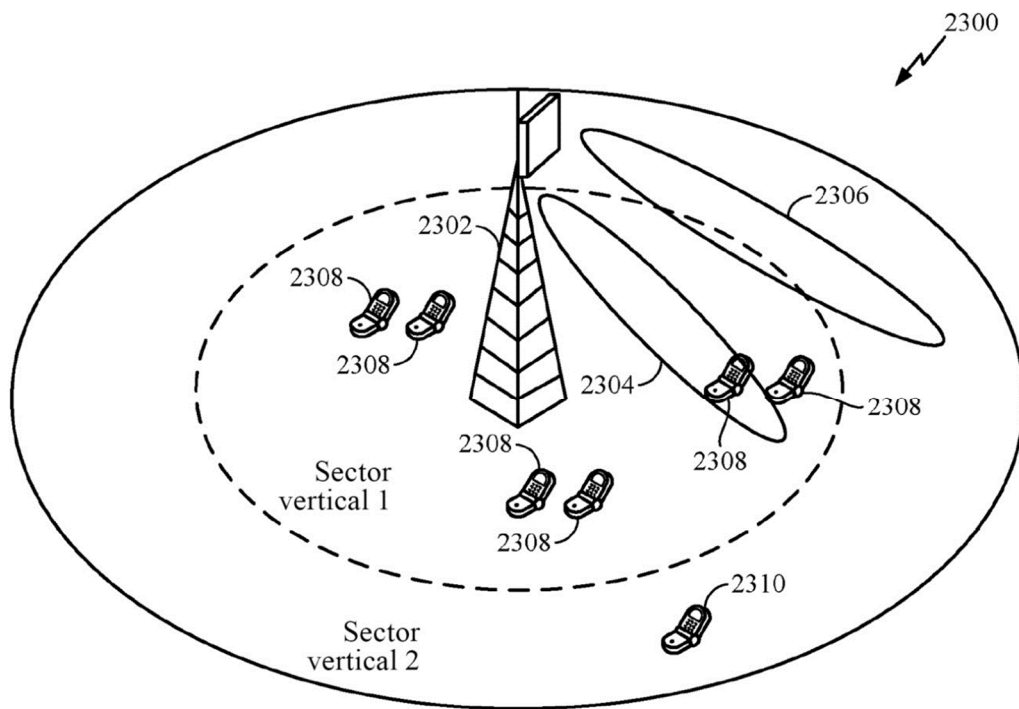


FIG. 23

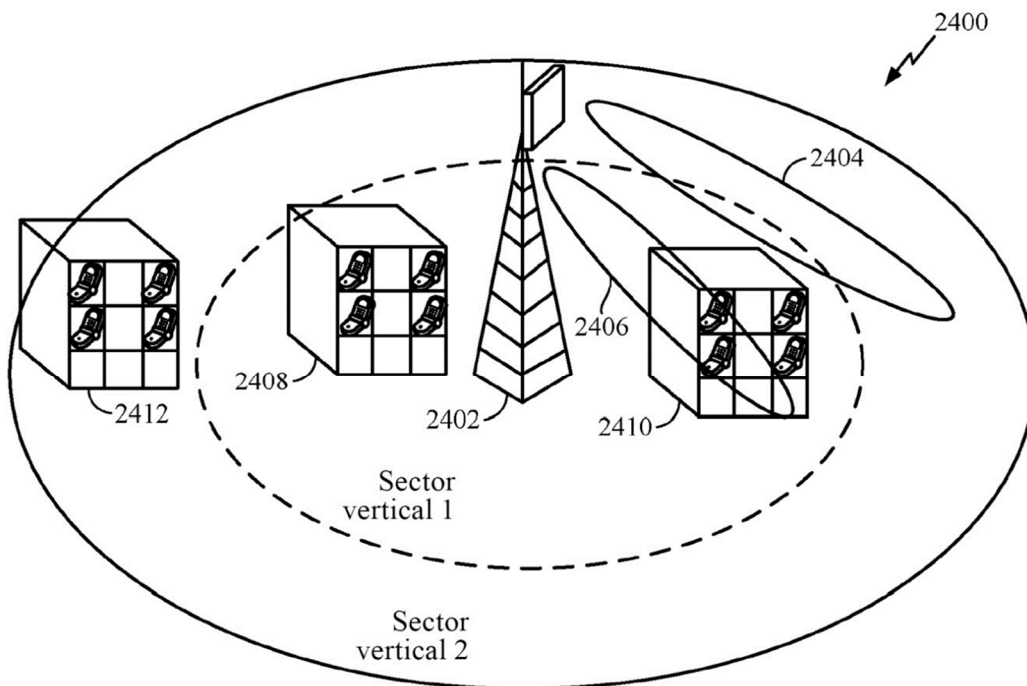


FIG. 24

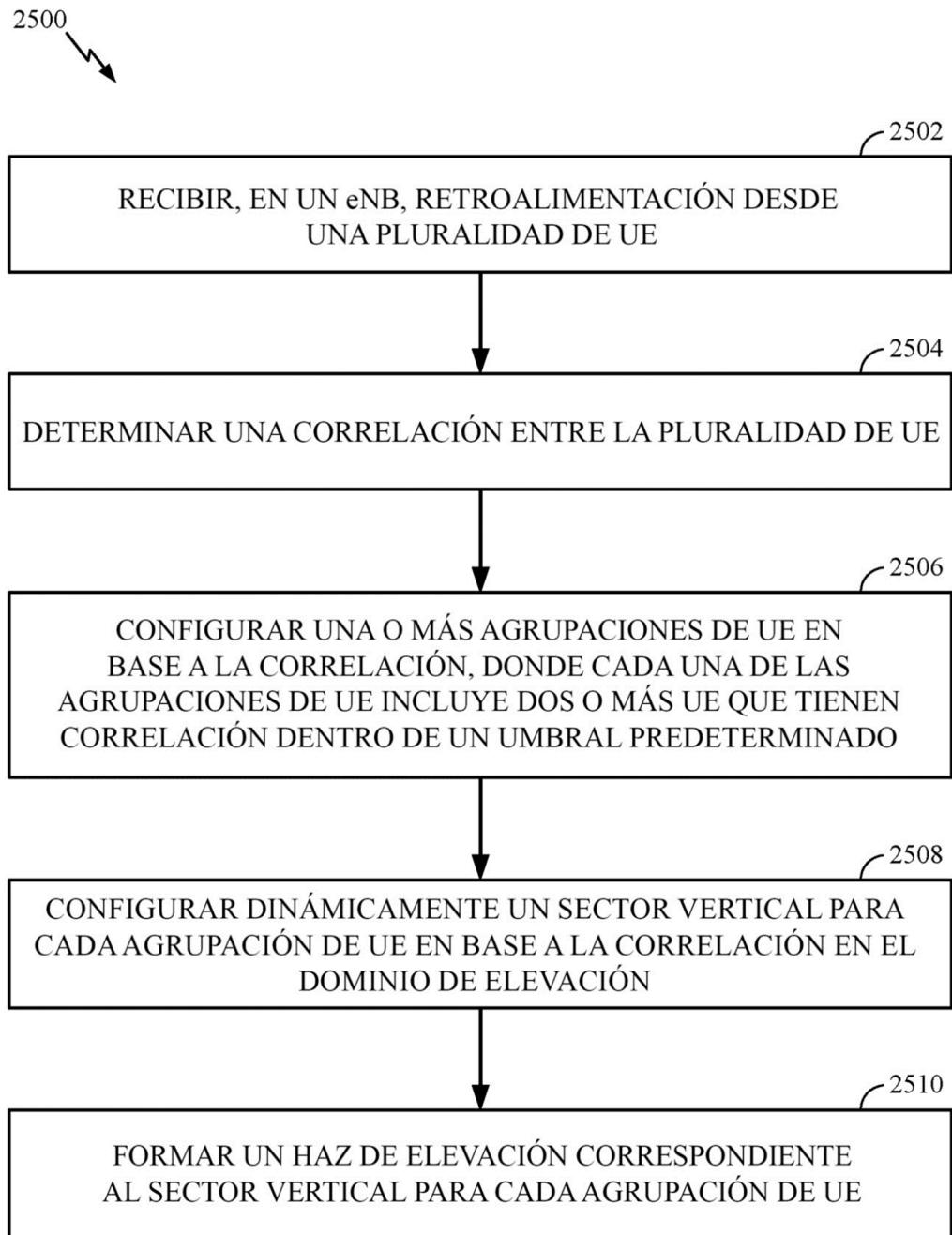


FIG. 25

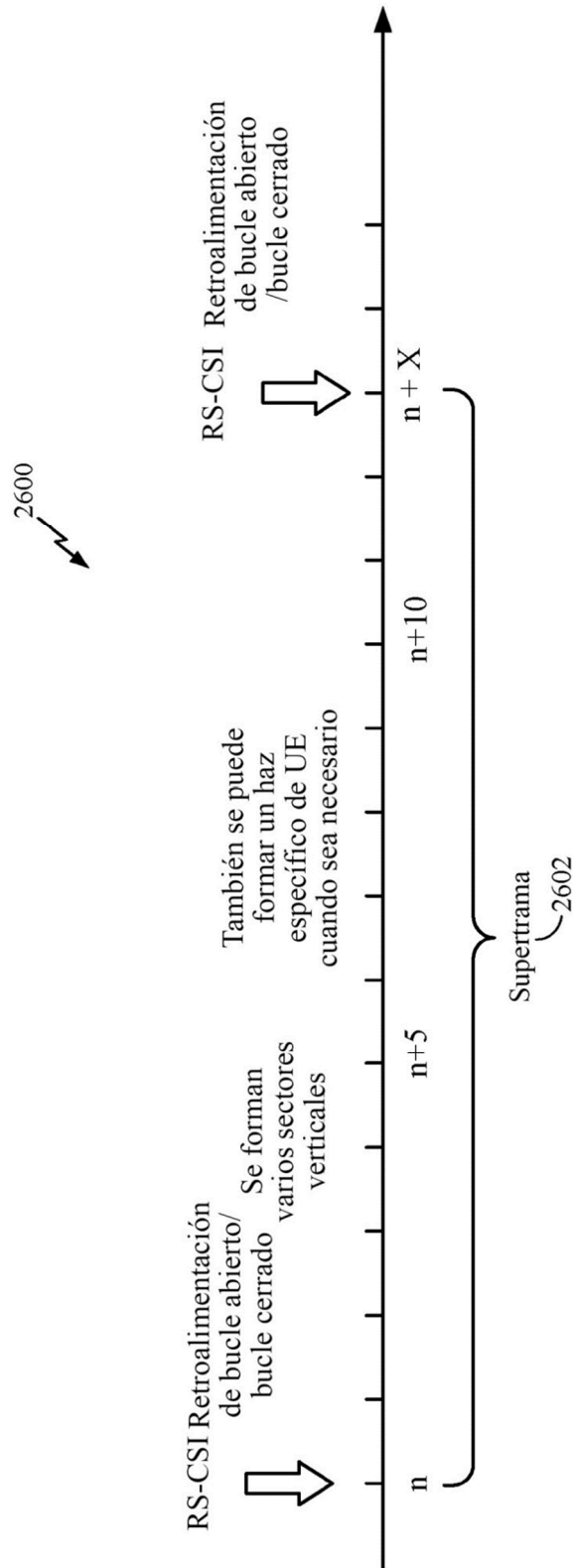


FIG. 26

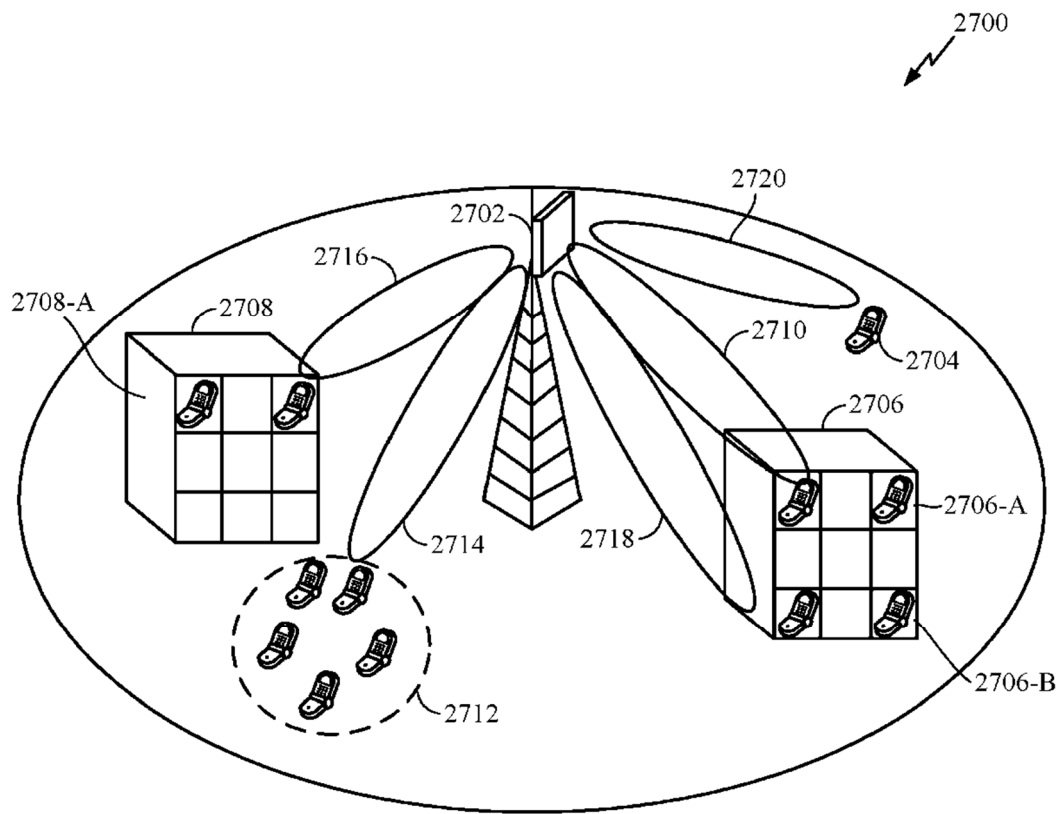


FIG. 27

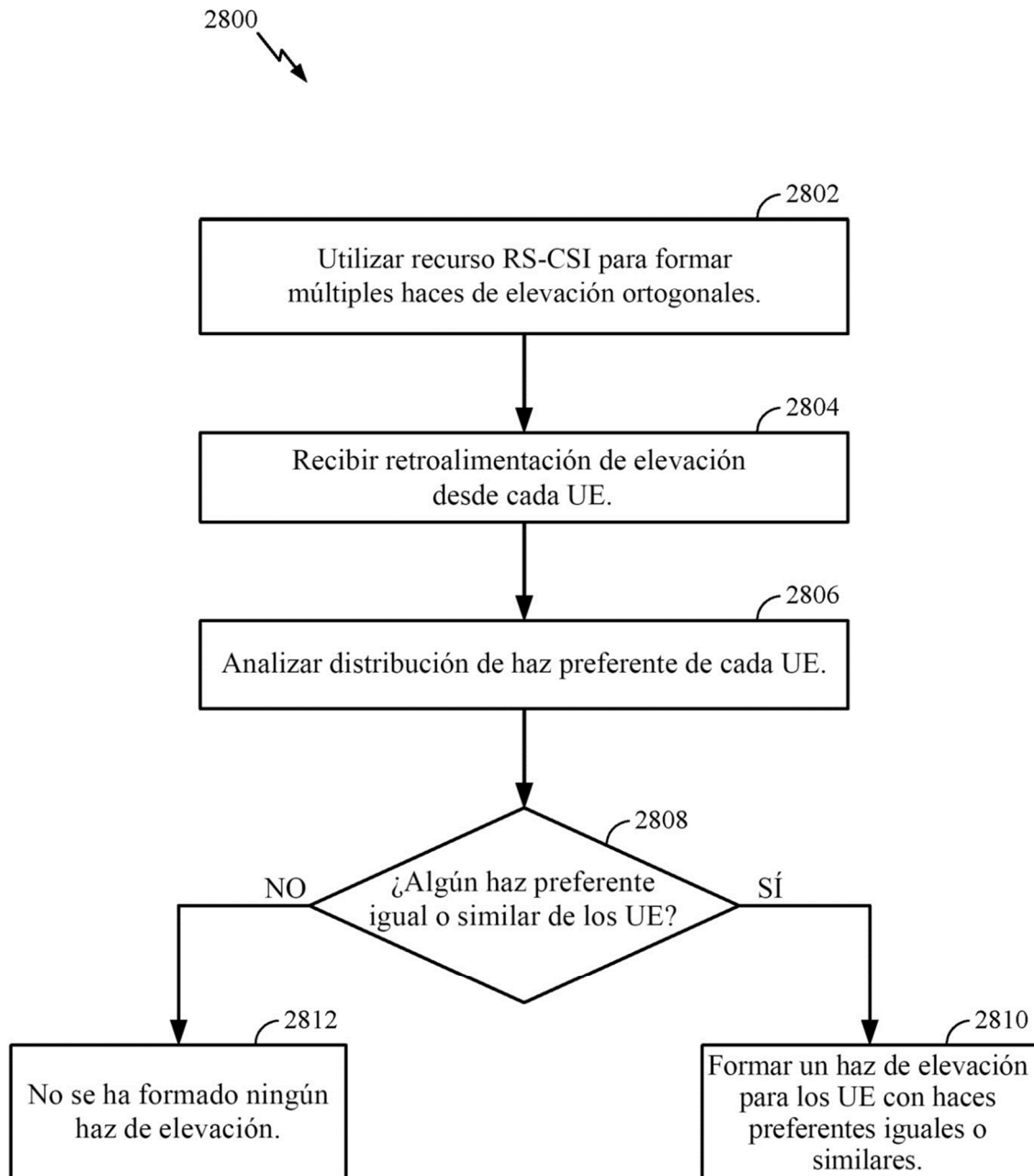


FIG. 28

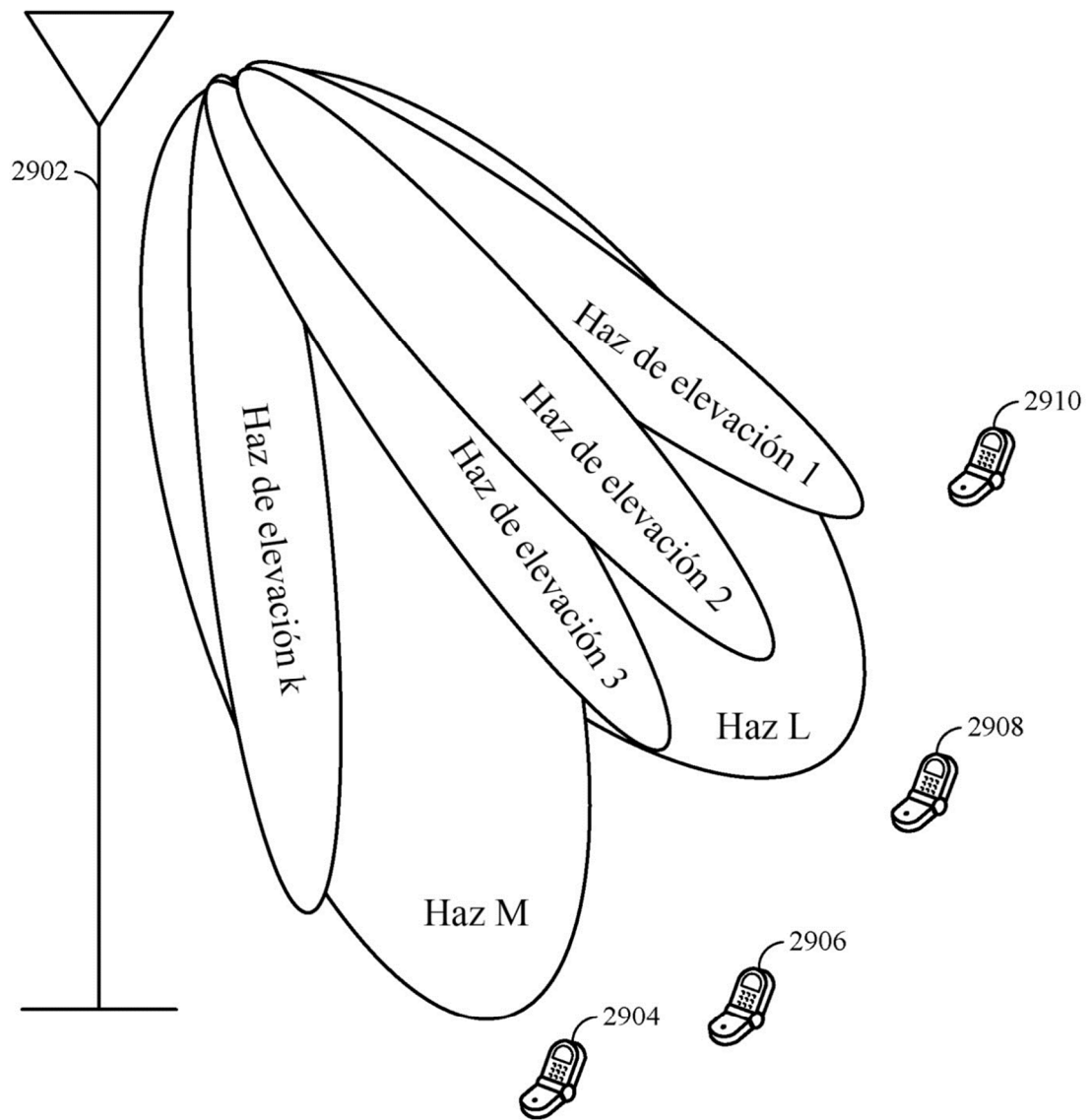


FIG. 29

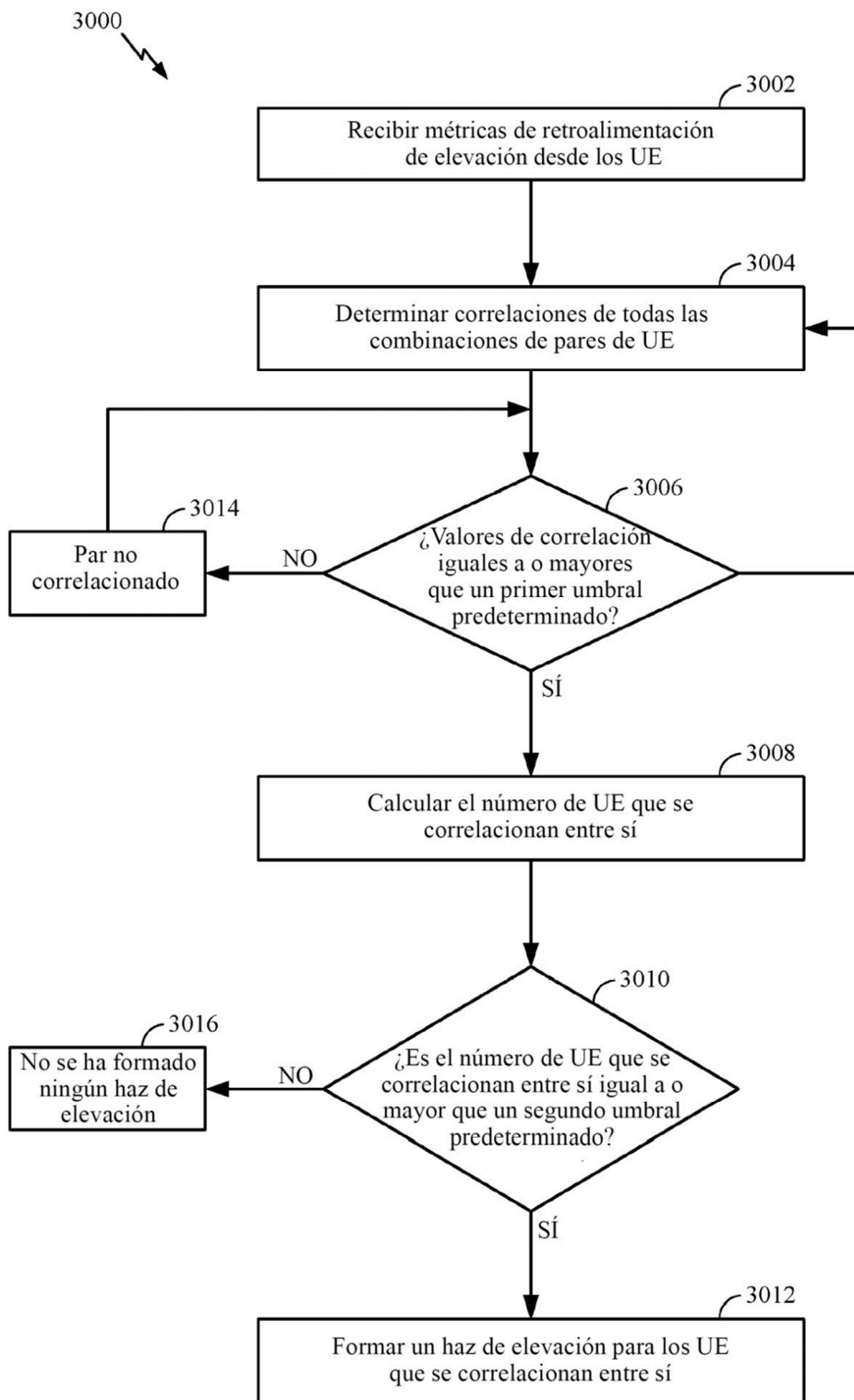


FIG. 30